

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-231619

(43)Date of publication of application : 16.08.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 3/00

G02B 5/04

G02B 19/00

G03F 7/20

(21)Application number : 2001-074240

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.03.2001

(72)Inventor : TANITSU OSAMU
SHIBUYA MASATO
TOYODA MITSUNORI

(30)Priority

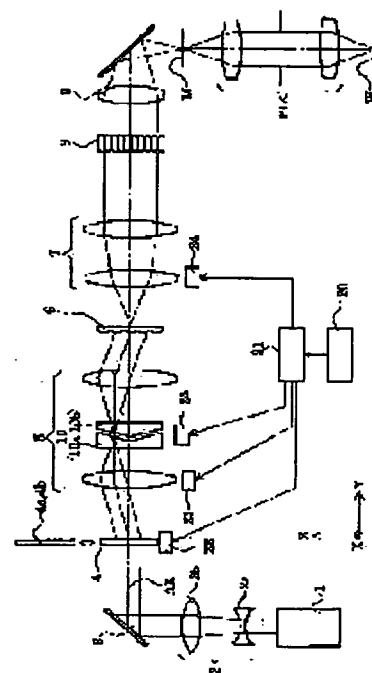
Priority number : 2000363225 Priority date : 29.11.2000 Priority country : JP

(54) OPTICAL ILLUMINATION EQUIPMENT AND ALIGNER EQUIPPED WITH THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide optical illumination equipment which can realize different lighting conditions in two orthogonal directions on the surface to be irradiated.

SOLUTION: In this optical illumination equipment, a variable power optical system (7), which is used for similarly changing the whole size of second multiple light sources, is arranged in the optical path between a first optical integrator (6) which is used for forming first multiple light sources, based on the luminous flux from a light source means (1) and a second integrator (8), which is used for forming the second multiple light sources, the number of which is larger than that of the first multiple light sources, based on the luminous fluxes from the first multiple light sources. This illumination equipment is also provided with an aspect ratio changing element (10), which changes the aspect ratio of the incident luminous flux to the first optical integrator (6) for changing the incident angle of the luminous flux in the prescribed direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] the [for forming the 1st a large number light source based on the flux of light from a light source means] -- with 1 optical integrator In the illumination-light study equipment which is equipped with 2 optical integrator and illuminates an irradiated plane by the flux of light from said 2nd a large number light source the [for forming much 2nd a large number light sources more based on the flux of light from said 1st a large number light source] -- the [said] -- the [1 optical integrator and / said] -- it being arranged in the optical path between 2 optical integrators, and with the variable power optical system for changing the magnitude of said whole 2nd a large number light source in similarity the [said] -- the illumination-light study equipment characterized by having the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of said incoming beams in order to change whenever [incident angle / which met in the predetermined direction of the incoming beams to 1 optical integrator].

[Claim 2] In illumination-light study equipment equipped with the light guide optical system for leading the flux of light from the optical integrator and this optical integrator for forming the a large number light source based on the flux of light from a light source means to an irradiated plane The flux of light sensing element for changing into the flux of light which has the flux of light or the optical predetermined intensity distribution which has a predetermined cross-section configuration for the flux of light from said light source means, It is arranged in the optical path between said flux of light sensing elements and said optical integrators. Illumination-light study equipment characterized by having the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of said incoming beams in order to change whenever [incident angle / which met in the predetermined direction of the incoming beams to said optical integrator].

[Claim 3] Said aspect ratio modification component is illumination-light study equipment according to claim 1 or 2 characterized by constituting the optical axis pivotable as a core.

[Claim 4] said aspect ratio modification component -- the [said optical integrator or / said] -- with the 1st aspect ratio modification component for changing whenever [incident angle / which met in the 1st direction of the incoming beams to 1 optical integrator] the [said optical integrator or / said] -- the illumination-light study equipment according to claim 1 or 2 characterized by having the 2nd aspect ratio modification component for changing whenever [incident angle / which met in said 1st direction of the incoming beams to 1 optical integrator, and the 2nd direction which intersects perpendicularly].

[Claim 5] The 1st prism with which said aspect ratio modification component has the refracting interface of a concave cross section along said predetermined direction, It has the 2nd prism which has the refracting interface of said concave cross section of this 1st prism, and the refracting interface of the convex cross section formed complementary. Illumination-light study equipment given in claim 1 characterized by constituting either movable in accordance with an optical axis at least among said 1st prism and said 2nd prism thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] Said concave cross section of said 1st prism is illumination-light study equipment according to claim 5 characterized by having a V character-like configuration.

[Claim 7] The aligner characterized by having illumination-light study equipment given in claim 1 thru/or any 1 term of 6, and the projection optics for carrying out projection exposure of the pattern of the mask arranged at said irradiated plane at a photosensitive substrate.

[Claim 8] The manufacture approach of the micro device characterized by including the exposure process which exposes the pattern of said mask on said photosensitive substrate with an aligner according to claim 7, and the

development process which develops said photosensitive substrate exposed by said exposure process.

[Claim 9] In illumination-light study equipment equipped with the illumination-light study system which illuminates an illuminated body said illumination-light study system It has the adjustable means which makes adjustable either [at least] the magnitude of the illumination light in the pupil of this illumination-light study system, or the configurations. Said adjustable means on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a means the 1st variation rate Illumination-light study equipment characterized by having the means and the variable power optical system which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction the 2nd variation rate.

[Claim 10] Said illumination-light study system is illumination-light study equipment according to claim 9 characterized by having an optical configuration conversion means to lead the illumination light which changed into the flux of light configuration of a request of the configuration of said illumination light, and was changed into the flux of light configuration of this request to said adjustable means.

[Claim 11] Said optical configuration conversion means is illumination-light study equipment according to claim 10 characterized by having the 1st diffracted-light faculty material which changes the configuration of said illumination light into the 1st flux of light configuration, and the 2nd diffracted-light faculty material which is prepared exchangeable with this 1st diffracted-light faculty material, and changes the configuration of said illumination light into the 2nd flux of light configuration.

[Claim 12] Said illumination-light study system is illumination-light study equipment given in claim 9 characterized by having the optical integrator which is arranged in the optical path between said adjustable means and said illuminated body, and illuminates said illuminated body to homogeneity thru/or any 1 term of 11.

[Claim 13] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process The zona-orbicularis operation grant process which gives the operation which changes the illumination light in the pupil of said illumination-light study system in the shape of zona orbicularis, on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction, and which include a process the 2nd variation rate.

[Claim 14] Said lighting process is the exposure approach according to claim 13 characterized by including further the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable.

[Claim 15] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process on both sides of said optical axis, the variation rate of the illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system in the pupil of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by including the process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction the 2nd variation rate.

[Claim 16] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process The modification process which changes the lighting conditions over said mask is included. Said modification process The selection process which chooses at least one side of the 1st setting process which sets up the 1st lighting conditions of said illumination-light study system, and the 2nd setting process which sets up the 2nd

lighting conditions of said illumination-light study system is included. The zona-orbicularis operation grant process that said 1st setting process gives the operation which changes the illumination light in the pupil of said illumination-light study system in the shape of zona orbicularis, on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate A process is included the 2nd variation rate. on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction -- said 2nd setting process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by including the process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction the 2nd variation rate.

[Claim 17] In illumination-light study equipment equipped with the illumination-light study system which illuminates an illuminated body said illumination-light study system It has the adjustable means which makes adjustable either [at least] the magnitude of the illumination light in the pupil of this illumination-light study system, or the configurations. Said adjustable means the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of said illumination light] zona orbicularis -- a ratio -- the illumination-light study equipment characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 1st direction which intersects perpendicularly with an adjustable means and the optical axis of said illumination-light study system, and which have a means the 1st variation rate.

[Claim 18] Said adjustable means is illumination-light study equipment according to claim 17 characterized by having the variable power optical system which makes magnitude of said illumination light adjustable.

[Claim 19] Said adjustable means is illumination-light study equipment according to claim 17 or 18 characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction, and which have a means the 2nd variation rate.

[Claim 20] Said illumination-light study system is illumination-light study equipment given in claim 17 characterized by having an optical configuration conversion means to lead the illumination light which changed into the flux of light configuration of a request of the configuration of said illumination light, and was changed into the flux of light configuration of this request to said adjustable means thru/or any 1 term of 19.

[Claim 21] Said optical configuration conversion means is illumination-light study equipment according to claim 20 characterized by having the 1st diffracted-light faculty material which changes the configuration of said illumination light into the 1st flux of light configuration, and the 2nd diffracted-light faculty material which is prepared exchangeable with this 1st diffracted-light faculty material, and changes the configuration of said illumination light into the 2nd flux of light configuration.

[Claim 22] Said illumination-light study system is illumination-light study equipment given in claim 17 characterized by having the optical integrator which is arranged in the optical path between said adjustable means and said illuminated body, and illuminates said illuminated body to homogeneity thru/or any 1 term of 21.

[Claim 23] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process The adjustable process which makes adjustable either [at least] the magnitude of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system or the configurations is included. Said adjustable process the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of said illumination light] zona orbicularis -- a ratio -- the exposure approach characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 1st direction which intersects perpendicularly with an adjustable process and the optical axis of said illumination-light study system, and which include a process the 1st variation rate.

[Claim 24] Said adjustable process is the exposure approach according to claim 23 characterized by including

http://www4.ipdl.ncipi.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_ejje?u=http%3A%2F%2Fwww4.ipdl.ncipi.go... 11/30/2005

further the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable.

[Claim 25] Said adjustable process is the exposure approach according to claim 23 or 24 characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction, and which include a process further the 2nd variation rate.

[Claim 26] Said lighting process is the exposure approach given in claim 23 characterized by including further the optical configuration conversion process of changing the configuration of said illumination light into a desired flux of light configuration in front of said adjustable process thru/or any 1 term of 25.

[Claim 27] Said optical configuration conversion process is the exposure approach according to claim 26 characterized by including the 1st diffraction process which changes the configuration of said illumination light into the 1st flux of light configuration using the 1st diffracted-light faculty material, and the 2nd diffraction process which changes the configuration of said illumination light into the 2nd flux of light configuration using said 1st diffracted-light faculty material and the 2nd diffracted-light faculty material prepared exchangeable.

[Claim 28] Said lighting process is the exposure approach given in claim 23 characterized by including the homogeneity lighting process which uses an optical integrator and illuminates said illuminated body to homogeneity after said adjustable process thru/or any 1 term of 27.

[Claim 29] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process The modification process which changes the lighting conditions over said mask is included. Said modification process The selection process which chooses at least one side of the 1st setting process which sets up the 1st lighting conditions of said illumination-light study system, and the 2nd setting process which sets up the 2nd lighting conditions of said illumination-light study system is included. the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [in which said 1st setting process has the zona-orbicularis ratio of a request of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system] zona orbicularis -- a ratio -- with an adjustable process The variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable is included. Said 2nd setting process The exposure approach characterized by including the displacement process which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the predetermined direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system, and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable.

[Claim 30] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system] zona orbicularis -- a ratio - - with an adjustable process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction, and which include a process the 2nd variation rate.

[Claim 31] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate is included. Said lighting process The modification process which changes the lighting conditions over said mask is included. Said modification process The 1st setting process which sets up the 1st lighting conditions of said illumination-light study system, the 2nd setting process which sets up the 2nd lighting conditions of said illumination-light study system, The selection process which chooses at least one of the 3rd setting processes which set up the 3rd lighting conditions of said illumination-light study system is included. And said 1st setting process the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system] zona orbicularis -- a ratio -- with an adjustable process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along

the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate A process is included the 2nd variation rate. on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction -- said 2nd setting process An adjustable process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable are included. the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of said illumination light] zona orbicularis -- a ratio -- said 3rd setting process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by including the process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction the 2nd variation rate.

[Claim 32] The aligner characterized by equipping claim 9 for illuminating the mask as said illuminated body thru/or 12 and claim 17 thru/or any 1 term of 22 with the illumination-light study equipment of a publication, and the projection optics for projecting the pattern image of said mask on a photosensitive substrate.

[Claim 33] The manufacture approach of the micro device characterized by including the exposure process which exposes the pattern of said mask to said photosensitive substrate using an aligner according to claim 32, and the development process which develops said photosensitive substrate exposed by said exposure process.

[Claim 34] The manufacture approach of the micro device characterized by including the exposure process which exposes the pattern of said mask to said photosensitive substrate using the exposure approach given in claim 13 thru/or 16 and claim 23 thru/or any 1 term of 31, and the development process which develops said photosensitive substrate exposed by said exposure process.

[Claim 35] The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system in the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, The projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate using projection optics, and the measurement process which measures the optical property of said projection optics are included. Said lighting process The exposure conditioning process of setting the sigma value as lighting conditions as the range of $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ on the occasion of performing said projection process, The exposure approach characterized by including the measurement conditioning process of setting the sigma value as lighting conditions as the range of $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ on the occasion of performing said measurement process.

[Claim 36] On the occasion of performing said projection process, the scan process to which said mask and said photosensitive substrate are moved along a scanning direction is included further. Said lighting process When setting the short hand lay length L_s of said lighting field, and the die length of the longitudinal direction of said lighting field to L_l including the process which forms the lighting field of the shape of a rectangle which has a longitudinal direction and the direction of a short hand on said mask, The exposure approach according to claim 35 characterized by filling the relation of $0.05 < L_s/L_l < 0.7$.

[Claim 37] The illumination-light study system which illuminates said mask in the aligner which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate, It has the projection optics which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate. Said illumination-light study system In case the pattern of said mask is exposed to said photosensitive substrate, while setting the sigma value as lighting conditions as the range of $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ The aligner characterized by having a lighting conditioning means to set the sigma value as lighting conditions as the range of $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ in case [in which the optical property of said projection optics is measured] it measures.

[Claim 38] In case the pattern of said mask is exposed to said photosensitive substrate, it has further the scan means to which said mask and said photosensitive substrate are moved along a scanning direction. When setting to L_s short hand lay length of said lighting field formed in said mask of said illumination-light study system and setting to L_l the die length of the longitudinal direction of said lighting field formed in said mask of said illumination-light study system, The aligner according to claim 37 characterized by filling the relation of $0.05 < L_s/L_l < 0.7$.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] This invention relates to the suitable illumination-light study equipment for the aligner for manufacturing micro devices, such as a semiconductor device, an image sensor, a liquid crystal display component, and the thin film magnetic head, at a lithography process especially about the aligner equipped with illumination-light study equipment and this illumination-light study equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In this kind of typical aligner, the flux of light injected from the light source forms the secondary light source as the substantial surface light source which consists of much light sources through the fly eye lens as an optical integrator. After the flux of light from the secondary light source is restricted through the aperture diaphragm arranged near the backside [a fly eye lens] focal plane, incidence of it is carried out to a condenser lens.

[0003] The flux of light condensed by the condenser lens illuminates in superposition the mask with which the predetermined pattern was formed. Image formation of the light which penetrated the pattern of a mask is carried out on a wafer through projection optics. In this way, on a wafer, projection exposure (imprint) of the mask pattern is carried out. In addition, it is indispensable to integrate highly the pattern formed in the mask and to imprint this detailed pattern correctly on a wafer to acquire uniform illumination distribution on a wafer.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, the secondary light source of a circle configuration is formed in a backside [a fly eye lens] focal plane, and the technique of changing the magnitude and changing the coherency sigma of lighting (sigma value = the pupil diameter of the diameter of an aperture diaphragm / projection optics or incidence side numerical aperture of the injection side numerical aperture / projection optics of a sigma value = illumination-light study system) attracts attention. Moreover, the secondary light source of the shape of the shape of zona orbicularis or 4 poles is formed in a backside [a fly eye lens] focal plane, and the technique of raising the depth of focus and resolution of projection optics attracts attention.

[0005] However, with the above conventional techniques, the case of the usual circular lighting based on the secondary light source of a circle configuration and the case of the deformation lighting (zona-orbicularis lighting and 4 pole lighting) based on the secondary light source of the shape of the shape of zona orbicularis or 4 poles have the cross-section configuration of the flux of light which carries out incidence to one on the mask which is an irradiated plane in the same physical relationship about two directions where it intersects perpendicularly on a mask. If it puts in another way, lighting conditions are the same in two directions in which it intersects perpendicularly on an irradiated plane with the conventional technique. Consequently, when directivity is in a mask pattern, the optimal lighting conditions cannot be realized in two directions in which it intersects perpendicularly on a mask. It is a place and anxious for the ability of the optical-character ability of projection optics to be checked [imprinting the pattern of a mask correctly under suitable lighting conditions, and] with high degree of accuracy on the occasion of imprinting the pattern of a mask correctly to coincidence in recent years.

[0006] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and aims at offering the aligner equipped with the illumination-light study equipment and this illumination-light study equipment which can realize lighting conditions which are mutually different in two directions in which it intersects perpendicularly on an irradiated plane. Moreover, this invention aims at offering the manufacture approach of a

micro device that a good micro device can be manufactured under good lighting conditions using the aligner which can set up the optimal lighting conditions in two directions in which it intersects perpendicularly on the mask which has directivity in a pattern. Furthermore, this invention can imprint the pattern of a mask correctly under suitable lighting conditions, and also makes it the purpose to offer the aligner which can check the optical-character ability of projection optics with high degree of accuracy, the exposure approach, etc. on the occasion of imprinting the pattern of a mask correctly to coincidence again.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, in the 1st invention of this invention the [for forming the 1st a large number light source based on the flux of light from a light source means] -- with 1 optical integrator In the illumination-light study equipment which is equipped with 2 optical integrator and illuminates an irradiated plane by the flux of light from said 2nd a large number light source the [for forming much 2nd a large number light sources more based on the flux of light from said 1st a large number light source] -- the [said] -- the [1 optical integrator and / said] -- it being arranged in the optical path between 2 optical integrators, and with the variable power optical system for changing the magnitude of said whole 2nd a large number light source in similarity the [said] -- in order to change whenever [incident angle / which met in the predetermined direction of the incoming beams to 1 optical integrator], the illumination-light study equipment characterized by having the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of said incoming beams is offered.

[0008] The optical integrator for forming the a large number light source in the 2nd invention of this invention based on the flux of light from a light source means, In illumination-light study equipment equipped with the light guide optical system for leading the flux of light from this optical integrator to an irradiated plane The flux of light sensing element for changing into the flux of light which has the flux of light or the optical predetermined intensity distribution which has a predetermined cross-section configuration for the flux of light from said light source means, It is arranged in the optical path between said flux of light sensing elements and said optical integrators. In order to change whenever [incident angle / which met in the predetermined direction of the incoming beams to said optical integrator], the illumination-light study equipment characterized by having the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of said incoming beams is offered.

[0009] According to the desirable mode of the 1st invention or the 2nd invention, said aspect ratio modification component is constituted pivotable considering the optical axis as a core. or said aspect ratio modification component -- the [said optical integrator or / said] -- the [the 1st aspect ratio modification component for changing whenever / angle-of-incidence / which met in the 1st direction of the incoming beams to 1 optical integrator /, and / said optical integrator or / said] -- it is desirable to have the 2nd aspect ratio modification component for changing whenever [angle-of-incidence / which met in said 1st direction of the incoming beams to 1 optical integrator and the 2nd direction which intersects perpendicularly].

[0010] Moreover, according to the desirable mode of the 1st invention, said aspect ratio modification component has the 1st prism which has the refracting interface of a concave cross section along said predetermined direction, and the 2nd prism which has the refracting interface of said concave cross section of this 1st prism, and the refracting interface of the convex cross section formed complementary, and either is constituted movable in accordance with the optical axis at least among said 1st prism and said 2nd prism. In this case, as for said concave cross section of said 1st prism, it is desirable to have a V character-like configuration.

[0011] In the 3rd invention of this invention, the aligner characterized by having the illumination-light study equipment of the 1st invention or the 2nd invention and the projection optics for carrying out projection exposure of the pattern of the mask arranged at said irradiated plane at a photosensitive substrate is offered.

[0012] In the 4th invention of this invention, the manufacture approach of the micro device characterized by including the exposure process which exposes the pattern of said mask on said photosensitive substrate with the aligner of the 3rd invention, and the development process which develops said photosensitive substrate exposed by said exposure process is offered.

[0013] In the illumination-light study equipment equipped with the illumination-light study system which illuminates an illuminated body in the 5th invention of this invention said illumination-light study system It has the adjustable means which makes adjustable either [at least] the magnitude of the illumination light in the pupil of this illumination-light study system, or the configurations. Said adjustable means on both sides of said

optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a means the 1st variation rate The illumination-light study equipment characterized by having the means and the variable power optical system which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction is offered the 2nd variation rate.

[0014] According to the desirable mode of the 5th invention, said illumination-light study system is equipped with an optical configuration conversion means to lead the illumination light which changed into the flux of light configuration of a request of the configuration of said illumination light, and was changed into the flux of light configuration of this request to said adjustable means. In this case, as for said optical configuration conversion means, it is desirable to have the 1st diffracted-light faculty material which changes the configuration of said illumination light into the 1st flux of light configuration, and the 2nd diffracted-light faculty material which is prepared exchangeable with this 1st diffracted-light faculty material, and changes the configuration of said illumination light into the 2nd flux of light configuration. Moreover, as for said illumination-light study system, it is desirable to have the optical integrator which is arranged in the optical path between said adjustable means and said illuminated body, and illuminates said illuminated body to homogeneity.

[0015] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 6th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process The zona-orbicularis operation grant process which gives the operation which changes the illumination light in the pupil of said illumination-light study system in the shape of zona orbicularis, on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction, and which include a process the 2nd variation rate is offered. In this case, as for said lighting process, it is desirable to include further the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable.

[0016] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 7th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process on both sides of said optical axis, the variation rate of the illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system in the pupil of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by including the process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction is offered the 2nd variation rate.

[0017] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 8th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process The modification process which changes the lighting conditions over said mask is included. Said modification process The selection process which chooses at least one side of the 1st setting process which sets up the 1st lighting conditions of said illumination-light study system, and the 2nd setting process which sets up the 2nd lighting conditions of said illumination-light study system is included. The zona-orbicularis operation grant process that said 1st setting process gives the operation which changes the illumination light in the pupil of said illumination-light study system in the shape of zona orbicularis, on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st

direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate A process is included the 2nd variation rate. on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction -- said 2nd setting process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by including the process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction is offered the 2nd variation rate.

[0018] In the illumination-light study equipment equipped with the illumination-light study system which illuminates an illuminated body in the 9th invention of this invention said illumination-light study system It has the adjustable means which makes adjustable either [at least] the magnitude of the illumination light in the pupil of this illumination-light study system, or the configurations. Said adjustable means the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of said illumination light] zona orbicularis -- a ratio -- the illumination-light study equipment characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 1st direction which intersects perpendicularly with an adjustable means and the optical axis of said illumination-light study system, and which have a means the 1st variation rate is offered.

[0019] According to the desirable mode of the 9th invention, said adjustable means has the variable power optical system which makes magnitude of said illumination light adjustable. Moreover, said adjustable means has the desirable thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction and which have a means the 2nd variation rate. Furthermore, as for said illumination-light study system, it is desirable to have an optical configuration conversion means to lead the illumination light which changed into the flux of light configuration of a request of the configuration of said illumination light, and was changed into the flux of light configuration of this request to said adjustable means. In this case, as for said optical configuration conversion means, it is desirable to have the 1st diffracted-light faculty material which changes the configuration of said illumination light into the 1st flux of light configuration, and the 2nd diffracted-light faculty material which is prepared exchangeable with this 1st diffracted-light faculty material, and changes the configuration of said illumination light into the 2nd flux of light configuration. Moreover, as for said illumination-light study system, it is desirable to have the optical integrator which is arranged in the optical path between said adjustable means and said illuminated body, and illuminates said illuminated body to homogeneity.

[0020] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 10th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process The adjustable process which makes adjustable either [at least] the magnitude of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system or the configurations is included. Said adjustable process the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of said illumination light] zona orbicularis -- a ratio -- the exposure approach characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 1st direction which intersects perpendicularly with an adjustable process and the optical axis of said illumination-light study system, and which include a process the 1st variation rate is offered.

[0021] According to the desirable mode of the 10th invention, said adjustable process includes further the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable. Moreover, said adjustable process has the desirable thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction and which include a process further the 2nd variation rate. Furthermore, as for said lighting process, it is desirable to include further the optical configuration conversion process of changing

the configuration of said illumination light into a desired flux of light configuration in front of said adjustable process. In this case, as for said optical configuration conversion process, it is desirable to include the 1st diffraction process which changes the configuration of said illumination light into the 1st flux of light configuration using the 1st diffracted-light faculty material, and the 2nd diffraction process which changes the configuration of said illumination light into the 2nd flux of light configuration using said 1st diffracted-light faculty material and the 2nd diffracted-light faculty material prepared exchangeable. Moreover, as for said lighting process, it is desirable to include the homogeneity lighting process which uses an optical integrator and illuminates said illuminated body to homogeneity after said adjustable process.

[0022] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 11th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process The modification process which changes the lighting conditions over said mask is included. Said modification process The selection process which chooses at least one side of the 1st setting process which sets up the 1st lighting conditions of said illumination-light study system, and the 2nd setting process which sets up the 2nd lighting conditions of said illumination-light study system is included. the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [in which said 1st setting process has the zona-orbicularis ratio of a request of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system] zona orbicularis -- a ratio -- with an adjustable process The variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable is included. Said 2nd setting process The exposure approach characterized by including the displacement process which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the predetermined direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system, and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable is offered.

[0023] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 12th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system] zona orbicularis -- a ratio -- with an adjustable process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by the thing which is done to the symmetry for the variation rate of said illumination light on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction, and which include a process the 2nd variation rate is offered.

[0024] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 13th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate are included. Said lighting process The modification process which changes the lighting conditions over said mask is included. Said modification process The 1st setting process which sets up the 1st lighting conditions of said illumination-light study system, the 2nd setting process which sets up the 2nd lighting conditions of said illumination-light study system, The selection process which chooses at least one of the 3rd setting processes which set up the 3rd lighting conditions of said illumination-light study system is included. And said 1st setting process the zona orbicularis which gives the operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of the illumination light in the pupil of said illumination-light study system] zona orbicularis -- a ratio -- with an adjustable process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate A process is included the 2nd variation rate. on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction -- said 2nd setting process An adjustable process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable are included. the zona orbicularis which gives the

operation changed in the shape of [with the zona-orbicularis ratio of a request of said illumination light] zona orbicularis -- a ratio -- said 3rd setting process on both sides of said optical axis, the variation rate of said illumination light is carried out to the symmetry along the 1st direction which intersects perpendicularly with the optical axis of said illumination-light study system -- with a process the 1st variation rate The exposure approach characterized by including the process and the variable power process which makes magnitude of said illumination light adjustable which carries out the variation rate of said illumination light to the symmetry on both sides of said optical axis along the 2nd direction which intersects perpendicularly with said optical axis, and intersects said 1st direction is offered the 2nd variation rate.

[0025] In the 14th invention of this invention, the aligner characterized by equipping the 5th invention or the 9th invention for illuminating the mask as said illuminated body with the illumination-light study equipment of a publication and the projection optics for projecting the pattern image of said mask on a photosensitive substrate is offered. In the 15th invention of this invention, the manufacture approach of the micro device characterized by including the exposure process which exposes the pattern of said mask to said photosensitive substrate using the aligner of the 14th invention, and the development process which develops said photosensitive substrate exposed by said exposure process is offered. In the 16th invention of this invention, the manufacture approach of the micro device characterized by including the exposure process which exposes the pattern of said mask to said photosensitive substrate using the exposure approach of the 6th invention - the 8th invention or the 10th invention - the 13th invention, and the development process which develops said photosensitive substrate exposed by said exposure process is offered.

[0026] In the exposure approach which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 17th invention of this invention The lighting process which illuminates said mask through an illumination-light study system, and the projection process which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate using projection optics, The measurement process which measures the optical property of said projection optics is included. Said lighting process The exposure conditioning process of setting the sigma value as lighting conditions as the range of $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ on the occasion of performing said projection process, The exposure approach characterized by including the measurement conditioning process of setting the sigma value as lighting conditions as the range of $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ on the occasion of performing said measurement process is offered. On the occasion of performing said projection process, the scan process to which said mask and said photosensitive substrate are moved along a scanning direction is included further. In this case, said lighting process When setting the short hand lay length L_s of said lighting field, and the die length of the longitudinal direction of said lighting field to L_l including the process which forms the lighting field of the shape of a rectangle which has a longitudinal direction and the direction of a short hand on said mask, it is desirable to fill the relation of $0.05 < L_s/L_l < 0.7$.

[0027] In the aligner which exposes the pattern of a mask to a photosensitive substrate in the 18th invention of this invention It has the illumination-light study system which illuminates said mask, and the projection optics which projects the pattern image of said mask on said photosensitive substrate. Said illumination-light study system In case the pattern of said mask is exposed to said photosensitive substrate, while setting the sigma value as lighting conditions as the range of $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ In case [in which the optical property of said projection optics is measured] it measures, the aligner characterized by having a lighting conditioning means to set the sigma value as lighting conditions as the range of $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ is offered. In this case, in case the pattern of said mask is exposed to said photosensitive substrate It has further the scan means to which said mask and said photosensitive substrate are moved along a scanning direction. When setting to L_s short hand lay length of said lighting field formed in said mask of said illumination-light study system and setting to L_l the die length of the longitudinal direction of said lighting field formed in said mask of said illumination-light study system, it is desirable to fill the relation of $0.05 < L_s/L_l < 0.7$.

[0028]

[Embodiment of the Invention] In the typical operation gestalt of this invention, the flux of light from a light source means is changed into the flux of light of the shape of the shape of 4 poles, or zona orbicularis, for example by flux of light sensing element like a diffracted-light study component. the flux of light of this the shape of the shape of 4 poles or zona orbicularis condenses according to predetermined optical system -- having -- an optical axis -- receiving -- the [like the micro fly eye lens from slant, or a micro-lens array (henceforth a "micro fly eye")] -- incidence is carried out to 1 optical integrator. In this way, the 1st a large number light

source is formed of a micro fly eye. the [like / after the flux of light from the 1st a large number light source minds predetermined optical system / a fly eye lens] -- the 2nd a large number light source, i.e., the secondary light source of the shape of the shape of 4 poles or zona orbicularis, is formed with 2 optical integrator.

[0029] In this invention, in order to change whenever [incident angle / which met in the predetermined direction of the incoming beams to a micro fly eye], it has the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of incoming beams. An aspect ratio modification component has the 2nd prism which has the refracting interface of the concave cross section of the shape of V character of the 1st prism which has the refracting interface of a V character-like concave cross section for example, along the predetermined direction, and this 1st prism, and the refracting interface of the convex cross section of the shape of V character formed complementary. And either is constituted movable in accordance with the optical axis at least among the 1st prism and the 2nd prism.

[0030] Therefore, if spacing of the concave refracting interface of the 1st prism and the convex refracting interface of the shape of V character of the 2nd prism is changed, the magnitude of the whole secondary light source of the shape of the shape of 4 poles or zona orbicularis will change along the predetermined direction. Consequently, with the illumination-light study equipment of this invention, lighting conditions which are mutually different in two directions in which it intersects perpendicularly on an irradiated plane are realizable. Therefore, in the aligner incorporating the illumination-light study equipment of this invention, the optimal lighting conditions can be set up in two directions in which it intersects perpendicularly on the mask which has directivity in a pattern, and a good micro device can be manufactured under good lighting conditions.

[0031] The operation gestalt of this invention is explained based on an accompanying drawing. Drawing 1 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 1st operation gestalt of this invention. In drawing 1, the X-axis is set [the Z-axis] up in the direction perpendicular to the space of drawing 1 for the Y-axis in a wafer side in the direction parallel to the space of drawing 1 in a wafer side along the direction of a normal of the wafer which is a photosensitive substrate, respectively. In addition, in drawing 1, it is set up so that illumination-light study equipment may perform 4 pole lighting.

[0032] The aligner of drawing 1 is equipped with the excimer laser which supplies wavelength (248nm (KrF) or 193nm (ArF)) of light as the light source 1 for supplying exposure light (illumination light). It has the rectangle-like cross section which was injected along with the Z direction from the light source 1 and where the parallel flux of light was mostly prolonged long and slender along the direction of X, and incidence is carried out to the beam expander 2 which consists of lens 2a of a pair, and 2b. Each lens 2a and 2b have negative refractive power and forward refractive power in the space of drawing 1 (inside of YZ flat surface), respectively. Therefore, the flux of light which carried out incidence to the beam expander 2 is expanded in the space of drawing 1, and is orthopedically operated by the flux of light which has the cross section of the shape of a predetermined rectangle.

[0033] After the almost parallel flux of light through the beam expander 2 as plastic surgery optical system is deflected in the direction of Y by the bending mirror 3, incidence of it is carried out to the diffracted-light study component (DOE) 4 for 4 pole lighting. Generally, a diffracted-light study component is constituted by forming the level difference which has the pitch of wavelength extent of exposure light (illumination light) in a glass substrate, and has the operation which diffracts an incident beam at a desired include angle. The flux of light which carried out incidence to the diffracted-light study component 4 for 4 pole lighting is diffracted along four equiangular and specific directions centering on an optical axis AX, and turns into the four flux of lights, i.e., the 4 pole-like flux of light. Thus, the diffracted-light study component 4 constitutes the flux of light sensing element for changing the flux of light from the light source 1 into the 4 pole-like flux of light.

[0034] in addition -- the diffracted light -- study -- a component -- four -- the illumination light -- a way -- receiving -- insertion and detachment -- free -- constituting -- having -- the zona orbicularis -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- four -- a -- usually -- circular -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- four -- b -- a switch -- possible -- constituting -- having -- **** . About the configuration of diffracted-light study component 4a for zona-orbicularis lighting, and diffracted-light study component 4 usually for circular lighting b, and an operation, it mentions later. Here, the switch between the diffracted-light study component 4 for 4 pole lighting, diffracted-light study component 4a for zona-orbicularis lighting, and diffracted-light study component 4b usually for circular lighting is performed by the 1st drive

system 22 which operates based on the command from a control system 21.

[0035] Incidence of the flux of light of the shape of 4 poles formed through the diffracted-light study component 4 is carried out to the afocal zoom lens (variable power relay optical system) 5, and it forms four points (punctiform light source) in a pupil surface. The light from these four points serves as the parallel flux of light mostly, is injected from the afocal zoom lens 5, and carries out incidence to the micro fly eye 6. In addition, maintaining the diffracted-light study component 4 and the plane of incidence of the micro fly eye 6 in a relation [**** / optical almost], and maintaining an afocal system (non-focal optical system), the afocal zoom lens 5 is constituted so that a scale factor can be continuously changed in the predetermined range. Here, scale-factor change of the afocal zoom lens 5 is performed by the 2nd drive system 23 which operates based on the command from a control system 21.

[0036] In this way, the flux of light carries out incidence to the symmetry from across mostly to an optical axis AX at the plane of incidence of the micro fly eye 6. The micro fly eye 6 is an optical element which consists of a microlens which has the forward refractive power of the shape of a forward hexagon of a large number arranged densely and in all directions. Generally, a micro fly eye is constituted by performing etching processing to for example, an parallel flat-surface glass plate, and forming a microlens group.

[0037] Here, each microlens which constitutes a micro fly eye is minuter than each lens element which constitutes a fly eye lens. Moreover, unlike the fly eye lens which consists of a lens element isolated mutually, the micro fly eye is formed in one, without isolating many microlenses mutually. However, the micro fly eye is the same as a fly eye lens at the point that the lens element which has forward refractive power is arranged in all directions. In addition, there are also very few twists and the number of the microlenses which constitute the micro fly eye 6 for clear-izing of a drawing is actually expressed with drawing 1.

[0038] Therefore, the flux of light which carried out incidence to the micro fly eye 6 is divided by many microlenses two-dimensional, and the one light source of 4 punctiforms is formed in a backside [each microlens] focal plane, respectively. the [thus, / for the micro fly eye 6 to form the 1st a large number light source which consists of much light sources based on the flux of light from the light source 1] -- 1 optical integrator is constituted.

[0039] the flux of light from the light source of a large number formed in the backside [the micro fly eye 6] focal plane -- a zoom lens (variable power optical system) 7 -- minding -- the -- the fly eye lens 8 as a 2 optical integrator is illuminated in superposition. In addition, a zoom lens 7 is the variable power optical system for sigma value adjustable to which a focal distance can be continuously changed in the predetermined range, and has connected optically the backside [the micro fly eye 6] focal plane, and the backside [the fly eye lens 8] focal plane to conjugate mostly. If it puts in another way, the zoom lens 7 has connected substantially a backside [the micro fly eye 6] focal plane, and the plane of incidence of the fly eye lens 8 to the relation of the Fourier transform.

[0040] Therefore, every time it attracts the flux of light from the light source of 4 punctiforms of a large number formed in the backside [the micro fly eye 6] focal plane to a backside [a zoom lens 7] focal plane, it forms in it the radiation field of the shape of 4 poles which consists of four radiation fields which carried out eccentricity to the plane of incidence of the fly eye lens 8 symmetrically to the optical axis AX. The magnitude of the radiation field of the shape of these 4 poles changes depending on the focal distance of a zoom lens 7. In addition, change of the focal distance of a zoom lens 7 is performed by the 3rd drive system 24 which operates based on the command from a control system 21.

[0041] The fly eye lens 8 is constituted by arranging the lens element of a large number which have forward refractive power densely and in all directions. In addition, each lens element which constitutes the fly eye lens 8 has the cross section of the shape of a rectangle [**** / the configuration (as a result, configuration of the exposure field which should be formed on a wafer) of the radiation field which should be formed on a mask]. Moreover, the field by the side of the incidence of each lens element which constitutes the fly eye lens 8 is formed in the shape of [which turned the convex to the incidence side] the spherical surface, and the field by the side of injection is formed in the shape of [which turned the convex to the injection side] the spherical surface. Therefore, the flux of light which carried out incidence to the fly eye lens 8 is divided by many lens elements two-dimensional, and much light sources are formed in a backside [each lens element in which the flux of light carried out incidence] focal plane, respectively.

[0042] In this way, as shown in drawing 2, the secondary light source of the shape of 4 poles which consists of

the secondary light source 31-34 which has the almost same optical intensity distribution as the radiation field formed of the incoming beams to the fly eye lens 8, i.e., the four substantial surface light sources which carried out eccentricity symmetrically to the optical axis AX, is formed in a backside [the fly eye lens 8] focal plane. thus, the fly eye lens 8 -- the -- the [for forming the 2nd a large number light source which consists of much light sources more based on the flux of light from the 1st a large number light source formed in the backside / the micro fly eye 6 which is 1 optical integrator / focal plane] -- 2 optical integrator is constituted.

[0043] After being restricted through the aperture diaphragm which has the 4 pole-like light transmission section if needed and the flux of light from the secondary light source of the shape of 4 poles formed in the backside [the fly eye lens 8] focal plane receives a condensing operation of the capacitor optical system 9, it illuminates in superposition the mask M with which the predetermined pattern was formed. The flux of light which penetrated the pattern of Mask M forms the image of a mask pattern through projection optics PL on the wafer W which is a photosensitive substrate. In this way, the pattern of Mask M is serially exposed by each exposure field of Wafer W by performing one-shot exposure or scanning exposure, carrying out drive control of the wafer W two-dimensional into the flat surface (XY flat surface) which intersects perpendicularly with the optical axis AX of projection optics PL.

[0044] In addition, in one-shot exposure, a mask pattern is exposed in package to each exposure field of a wafer according to the so-called step-and-repeat method. In this case, the configuration of the lighting field on Mask M has the shape of a rectangle near a square, and turns into the shape of a rectangle also with the cross-section configuration of each lens element of the fly eye lens 8 near a square. On the other hand, in scanning exposure, scanning exposure of the mask pattern is carried out to each exposure field of a wafer according to so-called step - and - scanning method, making a mask and a wafer displaced relatively to projection optics. In this case, the ratio of a shorter side and a long side has the shape of a rectangle of 1:3, and the configuration of the lighting field on Mask M turns into the shape of a rectangle [**** / the cross-section configuration of each lens element of the fly eye lens 8 / this].

[0045] If drawing 2 is referred to again, the secondary light source of the shape of 4 poles formed in a backside [the fly eye lens 8] focal plane consists of the surface light sources 31-34 of the shape of four forward hexagon. Here, only the same distance has separated the cores 31a-34a of each surface light source from the optical axis AX, and the square which connects four cores 31a-34a, and is formed is a square which has the side parallel to the direction of X, and a Z direction centering on an optical axis AX. That is, the secondary light source of the shape of 4 poles formed of the fly eye lens 8 is in the same physical relationship about the direction of X, and a Z direction.

[0046] Therefore, the cross-section configuration of the flux of light which carries out incidence to one point of the arbitration on the mask M which is an irradiated plane also turns into the shape of 4 poles which has the same physical relationship about the direction of X, and a Z direction. If it puts in another way, lighting conditions will become the same in two directions (the direction of X, and the direction of Y) in which it intersects perpendicularly on Mask M. So, with the 1st operation gestalt, in order to realize lighting conditions which are mutually different in two directions in which it intersects perpendicularly on Mask M, the V groove axicon 10 which consists of prism 10a and 10b of a pair into the optical path of the afocal zoom lens 5 is arranged.

[0047] Drawing 3 is drawing showing roughly the configuration of the prism of the pair which constitutes the V groove axicon system (only henceforth a "V groove axicon") arranged in the optical path of an afocal zoom lens. As shown in drawing 1 and drawing 3, the V groove axicon 10 consists of 2nd prism 10b which turned the flat surface to 1st prism 10a which turned the flat surface to the light source side, and turned the concave refracting interface to the irradiated plane side sequentially from the light source side, and an irradiated plane side, and turned the convex refracting interface to the light source side. Concave refracting interface 10c of 1st prism 10a consists of two flat surfaces parallel to the direction of X, and has a convex V character-like cross section along with a Z direction.

[0048] If 10d of convex refracting interfaces of 2nd prism 10b is put in another way so that concave refracting interface 10c of 1st prism 10a can be contacted mutually, they are formed complementary with concave refracting interface 10c of 1st prism 10a. That is, 10d of concave refracting interfaces of 2nd prism 10b consists of two flat surfaces parallel to the direction of X, and they have a V character-like concave cross section along with a Z direction. Moreover, at least one side is constituted movable in accordance with an optical axis AX

among 1st prism 10a and 2nd prism 10b, and concave refracting interface 10c and 10d [of convex refracting interfaces] spacing is constituted by adjustable.

[0049] In addition, change of spacing of the V groove axicon 10, i.e., change of concave refracting interface 10c and 10d [of convex refracting interfaces] spacing, is performed by the 4th drive system 25 which operates based on the command from a control system 21. Moreover, the information about various kinds of masks which should carry out sequential exposure according to step-and-repeat method or step - and - scanning method etc. is inputted into a control system 21 through the input means 20, such as a keyboard.

[0050] Here, in the condition of having contacted mutually, the V groove axicon 10 functions as a plane-parallel plate, and the effect affect the secondary light source of the shape of 4 poles formed does not have 10d of convex refracting interfaces of concave refracting interface 10c of 1st prism 10a, and 2nd prism 10b. However, although the V groove axicon 10 will function as a plane-parallel plate along the direction of X if 10d of convex refracting interfaces of concave refracting interface 10c of 1st prism 10a and 2nd prism 10b is made to estrange, along with a Z direction, it functions as a beam expander.

[0051] Therefore, although whenever [incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the micro fly eye 6] does not change with change of concave refracting interface 10c and 10d [of convex refracting interfaces] spacing, whenever [incident angle / which met in the direction of Y of the incoming beams to the micro fly eye 6] changes. Consequently, the cores 31a-34a of each surface light sources 31-34 in drawing 2 are moved to a Z direction, although it does not move in the direction of X. Thus, the V groove axicon 10 constitutes the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of incoming beams in order to change whenever [incident angle / which met in the direction of Y of the incoming beams to the micro fly eye 6].

[0052] Drawing 4 is drawing which explains typically the effect change of spacing of a V groove axicon, change of the scale factor of an afocal zoom lens, and change of the focal distance of a zoom lens affect the secondary 4 pole-like light source. As shown in drawing 4 (a), when spacing of the V groove axicon 10 is zero (i.e., when 10d of convex refracting interfaces is mutually in contact with concave refracting interface 10c), each surface light source which constitutes the secondary 4 pole-like light source is formed in the same physical relationship about the direction of X, and a Z direction. And if spacing of the V groove axicon 10 is changed from zero to predetermined magnitude, as shown in drawing 4 (b), each surface light source moves to a Z direction, without changing the configuration and magnitude, and although spacing which met in the direction of X of the core of each surface light source does not change, spacing in alignment with a Z direction will be expanded.

[0053] Moreover, in the condition of zero, if the scale factor of the afocal zoom lens 5 makes it change, only the same distance as the direction of X and a Z direction will move each surface light source, without changing the configuration and magnitude, and spacing of the V groove axicon 10 will expand or reduce spacing of each surface light source, as shown in drawing 4 (c). Furthermore, when the focal distance of a zoom lens 7 makes it change in the condition of zero, as spacing of the V groove axicon 10 shows drawing 4 R> 4 (d), the secondary whole 4 pole-like light source expands or contracts in similarity. That is, only the distance as the direction of X and a Z direction with each same surface light source moves each surface light source while the magnitude expands or contracts, without changing the configuration. In addition, in order to avoid degradation of the prism members 10a and 10b by laser radiation, it is desirable to separate spacing from the condensing point that four points are formed into the optical path of the afocal zoom lens 5, and to arrange the prism members 10a and 10b.

[0054] by the way -- having mentioned above -- as -- the diffracted light -- study -- a component -- four -- the illumination light -- a way -- receiving -- insertion and detachment -- free -- constituting -- having -- and -- the zona orbicularis -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- four -- a -- usually -- circular -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- four -- b -- a switch -- possible -- constituting -- having -- **** . The zona-orbicularis lighting obtained by replacing with the diffracted-light study component 4, and setting up diffracted-light study component 4a all over an illumination-light way hereafter is explained briefly.

[0055] If it replaces with the diffracted-light study component 4 for 4 pole lighting and diffracted-light study component 4a for zona-orbicularis lighting is set up all over an illumination-light way, the zona-orbicularis-like flux of light will be formed through diffracted-light study component 4a. Incidence of the flux of light of the

shape of zona orbicularis formed through diffracted-light study component 4a is carried out to the afocal zoom lens 5, and it forms a ring-like image (ring-like light source) in a pupil surface. The light from the image of the shape of this ring serves as the parallel flux of light mostly, is injected from the afocal zoom lens 5, and forms the 1st a large number light source in a backside [the micro fly eye 6] focal plane.

[0056] The flux of light from the 1st a large number light source formed of the micro fly eye 6 forms the radiation field of the shape of zona orbicularis centering on an optical axis AX in the plane of incidence of the fly eye lens 8 through a zoom lens 7. Consequently, the secondary light source which has the almost same optical reinforcement as the radiation field formed in plane of incidence, i.e., the secondary light source of the shape of zona orbicularis centering on an optical axis AX, is formed in a backside [the fly eye lens 8] focal plane.

[0057] Drawing 5 is drawing which explains typically the effect change of spacing of a V groove axicon, change of the scale factor of an afocal zoom lens, and change of the focal distance of a zoom lens affect the secondary zona-orbicularis-like light source. As shown in drawing 5 (a), when spacing of the V groove axicon 10 is zero (i.e., when 10d of convex refracting interfaces is mutually in contact with concave refracting interface 10c), each surface light source which constitutes the secondary zona-orbicularis-like light source is formed in the same physical relationship about the direction of X, and a Z direction. And if spacing of the V groove axicon 10 is changed from zero to predetermined magnitude, as shown in drawing 5 (b), without changing the width of face, the magnitude of the secondary whole zona-orbicularis-like light source will expand the secondary zona-orbicularis-like light source to a Z direction, and it will turn into the ellipse annular secondary light source prolonged in the Z direction.

[0058] Moreover, when the scale factor of the afocal zoom lens 5 makes it change [spacing / of the V groove axicon 10] in the condition of zero, as it is shown in drawing 5 (c), the outer diameter (magnitude) expands or contracts, without changing the width of face, as for the secondary zona-orbicularis-like light source. Furthermore, when the focal distance of a zoom lens 7 makes it change in the condition of zero, as spacing of the V groove axicon 10 shows drawing 5 (d), the secondary whole zona-orbicularis-like light source expands or contracts in similarity. That is, both zona-orbicularis-like the width of face and the outer diameters of the secondary light source expand or contract.

[0059] Subsequently, the usual circular lighting obtained by replacing with the diffracted-light study components 4 or 4a, and setting up diffracted-light study component 4b for circular lighting all over an illumination-light way is explained. Diffracted-light study component 4b for circular lighting has the function to change into the flux of light of a circle configuration the flux of light of the shape of a rectangle which carried out incidence. Therefore, according to the scale factor, it is expanded or reduced by the afocal zoom lens 5, and incidence of the flux of light of the circle configuration formed of diffracted-light study component 4b is carried out to the micro fly eye 6.

[0060] In this way, the 1st a large number light source is formed in a backside [the micro fly eye 6] focal plane. The flux of light from the 1st a large number light source formed in the backside [the micro fly eye 6] focal plane forms the radiation field of the circle configuration centering on an optical axis AX in the plane of incidence of the fly eye lens 8 through a zoom lens 7. Consequently, the secondary light source of the circle configuration centering on an optical axis AX is formed also in a backside [the fly eye lens 8] focal plane.

[0061] In this case, if spacing of the V groove axicon 10 is changed from zero to predetermined magnitude, the secondary light source of a circle configuration will be expanded to a Z direction, and will turn into the secondary light source of the shape of an ellipse prolonged in the Z direction. Moreover, if the scale factor of the afocal zoom lens 5 makes it change [spacing / of the V groove axicon 10] in the condition of zero or the focal distance of a zoom lens 7 makes it change, the whole secondary light source of a circle configuration will expand or contract in similarity. That is, the outer diameter (magnitude) of the secondary light source of a circle configuration expands or contracts.

[0062] As mentioned above, with the 1st operation gestalt, it changes to a Z direction by changing spacing of the V groove axicon 10, without the magnitude of the whole secondary light source changing in the direction of X. Consequently, the optimal lighting conditions can be set up in two directions in which it intersects perpendicularly on the mask M which can realize lighting conditions which are mutually different in two directions (the direction of X, and the direction of Y) in which it intersects perpendicularly on Mask M, as a result has directivity in a pattern.

[0063] In addition, as shown in drawing 6 (a), the 1st prism which has a V character-like concave cross section, and the 2nd prism which has a convex V character-like cross section constitute the V groove axicon 10 from above-mentioned explanation. However, without being limited to this, as shown in drawing 6 (b), it can also form in a plane perpendicular to an optical axis AX near the top-most vertices of a V character-like concave cross section and a convex cross section. Moreover, in order for an appearance to acquire the comparatively smooth ellipse annular secondary light source or the secondary ellipse-like light source in zona-orbicularis lighting or circular lighting, as shown in drawing 6 (c), it is desirable to form near the top-most vertices of a V character-like concave cross section and a convex cross section in the shape of a cylindrical shape.

[0064] Moreover, it is made to change to a Z direction by changing spacing of the V groove axicon 10 in above-mentioned explanation, without changing the magnitude of the whole secondary light source in the direction of X. However, as shown in drawing 7 (a), the V groove axicon 10 can also be changed in the directions of a request of the magnitude of the whole secondary light source (for example, the direction of X etc.) by constituting an optical axis AX pivotable as a core.

[0065] Moreover, as shown in drawing 7 (b), the magnitude of the whole secondary light source can also be independently changed to the direction of X, and a Z direction, respectively by arranging 2 sets of V groove axicons with which the operation direction intersects perpendicularly mutually. In this case, the magnitude of the whole secondary light source can also be independently changed in two directions where arbitration intersects perpendicularly, or the two directions of arbitration, respectively by constituting an optical axis AX for 2 sets of V groove axicons pivotable as a core in one or independently.

[0066] In addition, in the above-mentioned 1st operation gestalt, it can constitute so that it may be for example, a turret method or the diffracted-light study components 4, 4a, and 4b as a flux of light sensing element may be positioned all over an illumination-light way using a well-known slider style.

[0067] Moreover, with the above-mentioned 1st operation gestalt, the configuration of the microlens which constitutes the micro fly eye 6 is set as a forward hexagon. This is because cannot arrange densely but quantity of light loss occurs, so the forward hexagon is selected as a circularly near polygon in the microlens of a circle configuration. However, the configuration of each microlens which constitutes the micro fly eye 6 can use other suitable configurations which include the shape of a rectangle, for example, without being limited to this.

[0068] Furthermore, although diffracted-light study component 4b is positioned all over an illumination-light way with the above-mentioned 1st operation gestalt in case the usual circular lighting is performed, use of this diffracted-light study component 4b is also omissible. Moreover, with the above-mentioned 1st operation gestalt, although the diffracted-light study component is used as a flux of light sensing element, a micro fly eye, a minute prism array, etc. can also be used, for example, without being limited to this. By the way, the detailed explanation about the diffracted-light study component which can be used by this invention is indicated by the U.S. Pat. No. 5,850,300 official report etc.

[0069] Moreover, in the above-mentioned 1st operation gestalt, although considered as the configuration which condenses the light from the secondary light source according to the capacitor optical system 9, and illuminates Mask M in superposition, the capacitor optical system 9 and the relay optical system which forms the image of a lighting field diaphragm (mask blind) and this lighting field diaphragm on Mask M between Masks M may be arranged. In this case, the capacitor optical system 9 will condense the light from the secondary light source, will illuminate a lighting field diaphragm in superposition, and will form [relay optical system] the image of opening (light transmission section) of a lighting field diaphragm on Mask M.

[0070] Furthermore, in the above-mentioned 1st operation gestalt, although two or more element lenses are accumulated and the fly eye lens 8 is formed, it is also possible to make these into a micro fly eye. A micro fly eye establishes two or more very small lens sides in a light transmission nature substrate in the shape of a matrix by technique, such as etching, as mentioned above. Although there is no difference in a function between a fly eye lens and a micro fly eye substantially about the point which forms two or more light source images, it is points, like that magnitude of opening of one element lens (very small lens) can be made very small, that a manufacturing cost is sharply reducible, and thickness of the direction of an optical axis can be made very thin, and a micro fly eye is advantageous.

[0071] Drawing 10 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 2nd operation gestalt of this invention. The configuration between that replace with the configuration between the bending mirror 3 and a zoom lens 7 and the fly eye lens 8 although

the 2nd operation gestalt has a configuration similar to the 1st operation gestalt, and micro fly eye (micro-lens array) 8a is used and the capacitor optical system 9, and Mask M is fundamentally different from the 1st operation gestalt. Hereafter, the 2nd operation gestalt is explained paying attention to difference with the 1st operation gestalt. In addition, in drawing 10, it is set up so that illumination-light study equipment may perform 4 pole lighting.

[0072] with the 2nd operation gestalt, it was injected from the light source 1 -- the parallel flux of light carries out incidence to diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting through the beam expander 2 and the bending mirror 3 mostly. When the parallel flux of light which has a rectangle-like cross section carries out incidence of the diffracted-light study component 11a, it has the function which forms optical 4 pole-like intensity distribution in the far field (Fraunhofer diffraction field). four -- a pole -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- 11 -- a -- the illumination light -- a way -- receiving -- insertion and detachment -- free -- constituting -- having -- the zona orbicularis -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- 11 -- b -- circular -- lighting -- ** -- the diffracted light -- study -- a component -- 11 -- c -- a switch -- possible -- constituting -- having -- **** .

[0073] Specifically, diffracted-light study component 11a is supported on the turret substrate (rotor plate : drawing 10 un-illustrating) pivotable to the circumference of a predetermined axis parallel to an optical axis AX. Diffracted-light study component 11a for two or more 4 pole lighting from which a property differs, diffracted-light study component 11b for two or more zona-orbicularis lighting from which a property differs, and diffracted-light study component 11c for two or more circular lighting from which a property differs are prepared in the turret substrate along with the circumferencial direction. Moreover, the turret substrate is constituted pivotable through the central point at the circumference of an axis parallel to an optical axis AX.

[0074] Therefore, the diffracted-light study component of the request chosen from many diffracted-light study components 11a-11c can be positioned all over an illumination-light way by rotating a turret substrate. In addition, rotation (as a result, switch between diffracted-light study component 11a, and 11b and 11c) of a turret substrate is performed by the drive system 26 which operates based on the command from a control system 21. However, a well-known slide method can also perform the switch between diffracted-light study component 11a, and 11b and 11c, for example, without being limited to a turret method.

[0075] Incidence of the flux of light through diffracted-light study component 11a as an optical configuration conversion means is carried out to an afocal lens (relay optical system) 12. An afocal lens 12 is the afocal system (non-focal optical system) set up so that the location of the predetermined side 13 which a before side focal location and the location of diffracted-light study component 11a are mostly in agreement, and is shown by the after that side focal location and the drawing destructive line might be mostly in agreement. Here, the location of the predetermined side 13 is equivalent to the location in which the micro fly eye 6 is installed in the 1st operation gestalt.

[0076] Therefore, mostly, after [which carried out incidence to diffracted-light study component 11a] the parallel flux of light forms optical 4 pole-like intensity distribution in the pupil surface of an afocal lens 12, it turns into the parallel flux of light mostly, and is injected from an afocal lens 12. In addition, although the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, and the 2nd V groove axicon 16 are arranged sequentially from the light source side in the optical path between before [an afocal lens 12] side lens group 12a, and backside lens group 12b, about the detailed configuration and detailed operation, it mentions later. Hereafter, in order to simplify explanation, an operation of these axicons 14-16 is disregarded, and the fundamental configuration and fundamental operation of the 2nd operation gestalt are explained.

[0077] Incidence of the flux of light through an afocal lens 12 is carried out to micro fly eye 8a as an optical integrator through the zoom lens 7 for sigma value adjustable (variable power optical system). In addition, when set magnitude (diameter) of the pupil of projection optics PL to R1, magnitude (diameter) of the illumination-light bundle formed in the pupil of projection optics PL or a light source image is set to R2, the numerical aperture by the side of the mask (reticle) M of projection optics PL is set to NAO and the numerical aperture of the illumination-light study system which illuminates Mask (reticle) M is set to NAI, it is defined as a sigma value as $\sigma = NAI/NAO = R2 / R1$. However, in zona-orbicularis lighting, R2 is the outer diameter of the illumination-light bundle of the shape of zona orbicularis formed in the pupil of projection optics PL, or a zona-orbicularis-like light source image, and NAI is numerical aperture defined with the outer diameter of the zona-orbicularis flux of light formed in the pupil of an illumination-light study system. Moreover, in multi-electrode

lighting, such as 4 pole lighting, R_2 is the magnitude or the diameter of a circle circumscribed to the multipolar illumination-light bundle formed in the pupil of projection optics PL, or a multipolar light source image, and NA_i is numerical aperture defined with the magnitude or the diameter of a circle circumscribed to the multipolar illumination-light bundle formed in the pupil of an illumination-light study system. Moreover, when setting the bore of the illumination-light bundle of the shape of R_o and zona orbicularis to R_i for the outer diameter of a zona-orbicularis-like illumination-light bundle with a zona-orbicularis ratio in zona-orbicularis lighting, it defines as R_i/R_o .

[0078] In addition, the location of the predetermined side 13 is arranged near the before [a zoom lens 7] side focal location, and the plane of incidence of micro fly eye 8a is arranged near the backside [a zoom lens 7] focal location. If it puts in another way, the zoom lens 7 will have arranged substantially the predetermined side 13 and the plane of incidence of micro fly eye 8a in the relation of the Fourier transform, as a result will arrange optically the pupil surface of an afocal lens 12, and the plane of incidence of micro fly eye 8a to conjugate mostly. Therefore, on the plane of incidence of micro fly eye 8a which has the same function as the fly eye lens 8 in the 1st operation gestalt, the radiation field of the shape of 4 poles which consists of four radiation fields which carried out eccentricity to the optical axis AX as well as [for example,] the pupil surface of an afocal lens 12 is formed. Here, although it depends on the property of diffracted-light study component 11a for the configuration of each radiation field which constitutes a 4 pole-like radiation field, the radiation field of the shape of 4 poles which consists of a radiation field of four circle configurations here shall be formed. The whole radiation field configuration of the shape of these 4 poles changes in similarity depending on the focal distance of a zoom lens 7.

[0079] Each microlens which constitutes micro fly eye 8a has the cross section of the shape of a rectangle [**** / the configuration (as a result, configuration of the exposure field which should be formed on Wafer W) of the radiation field which should be formed on Mask M]. The flux of light which carried out incidence to micro fly eye 8a is divided by many microlenses two-dimensional, and the secondary light source of the shape of 4 poles which consists of the secondary light source which has the almost same optical intensity distribution as the radiation field formed of the incoming beams to micro fly eye 8a, i.e., the substantial surface light source of four circle configurations which carried out eccentricity to the optical axis AX, is formed in an after that side focal plane (as a result, pupil of an illumination light study system).

[0080] The flux of light from the secondary light source of the shape of 4 poles formed in the backside [micro fly eye 8a] focal plane illuminates the mask blind 17 as a lighting field diaphragm in superposition, after receiving a condensing operation of the capacitor optical system 9. The flux of light through opening (light transmission section) of the shape of a rectangle of the mask blind 17 illuminates Mask M in superposition, after receiving a condensing operation of the image formation optical system 18. The flux of light which penetrated the pattern of Mask M forms the image of a mask pattern on Wafer W through projection optics PL. The adjustable aperture diaphragm for specifying the numerical aperture of projection optics PL is prepared in the entrance pupil side of projection optics PL, and the drive of this adjustable aperture diaphragm is performed by the drive system 27 which operates based on the command from a control system 21.

[0081] Drawing 11 is the perspective view showing roughly the configuration of three axicon systems (only henceforth an "axicon") arranged in the 2nd operation gestalt in the optical path between a before [an afocal lens] side lens group, and a backside lens group. With the 2nd operation gestalt, as shown in drawing 11, the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, and the 2nd V groove axicon 16 are arranged sequentially from the light source side in the optical path between before [an afocal lens 12] side lens group 12a, and backside lens group 12b.

[0082] The cone axicon 14 consists of 2nd prism member 14b which turned the flat surface to 1st prism member 14a which turned the flat surface to the light source side, and turned the concave conic refracting interface to the mask side sequentially from the light source side, and a mask side, and turned the convex conic refracting interface to the light source side. And the concave conic refracting interface of 1st prism member 14a and the convex conic refracting interface of 2nd prism member 14b are formed complementary so that it can contact mutually.

[0083] Moreover, one [at least] member is constituted movable in accordance with an optical axis AX among 1st prism member 14a and 2nd prism member 14b, and spacing of the concave conic refracting interface of 1st prism member 14a and the convex conic refracting interface of 2nd prism member 14b is constituted by

adjustable. Change of spacing of the cone axicon 14 is performed by drive-system 28a which operates based on the command from a control system 21.

[0084] Here, in the condition that the concave cone-like refracting interface of 1st prism member 14a and the convex cone-like refracting interface of 2nd prism member 14b have contacted mutually, the cone axicon 14 functions as a plane-parallel plate, and there is no effect affect the secondary light source of the shape of 4 poles formed. However, if the concave cone-like refracting interface of 1st prism member 14a and the convex cone-like refracting interface of 2nd prism member 14b are made to estrange, the cone axicon 14 will function as the so-called beam expander. Therefore, the include angle of the incoming beams to the predetermined side 13 changes with change of spacing of the cone axicon 14.

[0085] moreover, the 1st V groove axicon 15 -- a light source side -- a flat surface -- turning -- and a mask side -- a concave -- and 1st prism member 15a which turned the V character-like refracting interface and a mask side -- a flat surface -- turning -- and a light source side -- convex -- and it consists of 2nd prism member 15b which turned the V character-like refracting interface. The concave refracting interface of 1st prism member 15a consisted of two flat surfaces, and the intersection is prolonged along with the Z direction. If the convex refracting interface of 2nd prism member 15b is put in another way so that it can contact as mutually as the concave refracting interface of 1st prism member 15a, it is formed complementary with the concave refracting interface of 1st prism member 15a.

[0086] That is, the convex refracting interface of 2nd prism member 15b also consisted of two flat surfaces, and the intersection is prolonged along with the Z direction. Moreover, at least one side is constituted movable in accordance with an optical axis AX among 1st prism member 15a and 2nd prism member 15b, and spacing of the concave refracting interface of 1st prism member 15a and the convex refracting interface of 2nd prism member 15b is constituted by adjustable. Change of spacing of the 1st V groove axicon 15 is performed by drive-system 28b which operates based on the command from a control system 21.

[0087] Furthermore, the 2nd V groove axicon 16 consists of 2nd prism member 16b which turned the flat surface to 1st prism member 16a which turned the flat surface to the light source side, and turned the V character-like refracting interface to the mask side by the concave, and a mask side, and is convex and turned the V character-like refracting interface to the light source side. The concave refracting interface of 1st prism member 16a consisted of two flat surfaces, and the intersection is prolonged along the direction of X. The convex refracting interface of 2nd prism member 16b is formed as complementary as the concave refracting interface of 1st prism member 16a. That is, the convex refracting interface of 2nd prism member 16b also consisted of two flat surfaces, and the intersection is prolonged along the direction of X.

[0088] Moreover, at least one side is constituted movable in accordance with an optical axis AX among 1st prism member 16a and 2nd prism member 16b, and spacing of the concave refracting interface of 1st prism member 16a and the convex refracting interface of 2nd prism member 16b is constituted by adjustable. Change of spacing of the 2nd V groove axicon 16 is performed by drive-system 28c which operates based on the command from a control system 21.

[0089] Here, in the condition that the concave refracting interface and convex refracting interface which counter have contacted mutually, the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16 function as plane-parallel plates, and there is no effect affect the secondary light source of the shape of 4 poles formed. However, although the 1st V groove axicon 15 will function as a plane-parallel plate along with a Z direction if it makes a concave refracting interface and a convex refracting interface estrange, it functions as a beam expander along the direction of X. Moreover, although the 2nd V groove axicon 16 will function as a plane-parallel plate along the direction of X if it makes a concave refracting interface and a convex refracting interface estrange, it functions as a beam expander along with a Z direction.

[0090] Drawing 12 is drawing explaining an operation of the cone axicon to the secondary light source formed in 4 pole lighting of the 2nd operation gestalt. While each surface light sources 40a-40d of the circle configuration which constitutes the secondary 4 pole-like light source from 4 pole lighting of the 2nd operation gestalt by making spacing of the cone axicon 14 expand from zero to a predetermined value move to the method of outside along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX, the configuration changes from a circle configuration to elliptical. That is, the segment which connects the surface light sources [of the circle configuration before change / each / 40a-40d] central point and the each elliptical [after change] surface light sources [41a-41d] central point passes along an optical axis AX, and the migration length of the central

point is dependent on spacing of the cone axicon 14.

[0091] Furthermore, the include angle (include angle which the tangent of the pair from the optical axis AX to each surface light sources 40a-40d makes) which expects each surface light sources 40a-40d of the circle configuration before change from an optical axis AX, and the include angle which expects each surface light sources 41a-41d elliptical [after change] from an optical axis AX are equal. And the minor axis which met in the direction of a path of the circle centering on the each an each surface light sources [of the circle configuration before change / 40a-40d] diameter and elliptical [after change] surface light sources [41a-41d] optical axis AX is equal. In addition, it depends for the magnitude of the major axis along the hoop direction of the circle centering on the each elliptical [after change] surface light sources [41a-41d] optical axis AX on an each surface light sources [of the circle configuration before change / 40a-40d] diameter, and spacing of the cone axicon 14.

[0092] Therefore, the outer diameter and a zona-orbicularis ratio can be changed, without the secondary light source of the shape of 4 poles which consists of the surface light sources of four circle configurations changing to the secondary light source of the shape of 4 poles which consists of the four elliptical surface light sources, and changing the width of face of the secondary light source before change, if spacing of the cone axicon 14 is made to expand from zero to a predetermined value. Here, the width of face of the secondary 4 pole-like light source is specified as 1/2 of the difference of the diameter of circle, the diameter of circle, i.e., the outer diameter, circumscribed to the four surface light sources, i.e., a bore, inscribed in the four surface light sources. Moreover, the zona-orbicularis ratio of the secondary 4 pole-like light source is specified as a ratio (a bore/outer diameter) of a bore to an outer diameter.

[0093] Drawing 13 is drawing explaining an operation of the zoom lens to the secondary light source formed in 4 pole lighting of the 2nd operation gestalt. With 4 pole lighting of the 2nd operation gestalt, change of the focal distance of a zoom lens 7 changes in similarity the whole secondary light source configuration of the shape of 4 poles which consists of the surface light sources 42a-42d of four circle configurations. That is, each surface light sources 42a-42d of the circle configuration which constitutes the secondary 4 pole-like light source move along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX, with a circle configuration maintained.

[0094] And the segment which connects the surface light sources [before change / each / 42a-42d] central point and the each surface light sources [after change / 43a-43d] central point passes along an optical axis AX, and it depends for the migration length of the central point, and the sense of migration on change of the focal distance of a zoom lens 7. Moreover, the include angle which expects each surface light sources 42a-42d before change from an optical axis AX, and the include angle which expects each surface light sources 43a-43d after change from an optical axis AX are equal. In this way, only the outer diameter can be changed by changing the focal distance of a zoom lens 7, without changing the zona-orbicularis ratio of the secondary 4 pole-like light source.

[0095] Drawing 14 is drawing explaining an operation of the 1st V groove axicon to the secondary light source formed in 4 pole lighting of the 2nd operation gestalt and the 2nd V groove axicon. Although whenever [in alignment with the Z direction of the incoming beams to the predetermined side 13 / incident angle] does not change with change of spacing of the 1st V groove axicon 15, whenever [incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the predetermined side 13] changes. Consequently, as shown in drawing 14 (a), although the surface light sources 44a-44d of four circle configurations do not move to a Z direction, they move in the direction of X, with the configuration and magnitude maintained. Namely, if spacing of the 1st V groove axicon 15 is expanded from zero to a predetermined value, the surface light sources 44b and 44c will move in the direction of -X, and will move the surface light sources 44a and 44d in the direction of +X.

[0096] On the other hand, although whenever [incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the predetermined side 13] does not change with change of spacing of the 2nd V groove axicon 16, whenever [in alignment with the Z direction of the incoming beams to the predetermined side 13 / incident angle] changes. Consequently, as shown in drawing 14 (b), although the surface light sources 44a-44d of four circle configurations do not move in the direction of X, they move to a Z direction, with the configuration and magnitude maintained. That is, if spacing of the 2nd V groove axicon 16 is expanded from zero to a predetermined value, the surface light sources 44a and 44b will move to + Z direction, and will move the

surface light sources 44c and 44d to - Z direction.

[0097] Furthermore, change of both spacing of the 1st V groove axicon 15 and spacing of the 2nd V groove axicon 16 changes whenever [in alignment with whenever / incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the predetermined side 13 / and, a Z direction / incident angle / both]. Consequently, as shown in drawing 14 (c), each surface light sources 44a-44d move in a Z direction and the direction of X, with the configuration and magnitude maintained. Namely, if spacing of the 1st V groove axicon 15 and spacing of the 2nd V groove axicon 16 are expanded from zero to a value predetermined [both], surface light source 44a will move in + Z direction and the direction of +X, surface light source 44b will move in + Z direction and the direction of -X, surface light source 44c will move in - Z direction and the direction of -X, and 44d of surface light sources will move in - Z direction and the direction of +X.

[0098] as mentioned above, the zona orbicularis to which the cone axicon 14 makes adjustable the zona-orbicularis ratio of the illumination light in the pupil (backside [micro fly eye 8a] focal plane) of an illumination-light study system -- a ratio -- the adjustable means is constituted. The zoom lens 7 constitutes the variable power optical system which makes adjustable magnitude of the illumination light in the pupil of an illumination-light study system. the 1st V groove axicon 15 carries out the variation rate of the illumination light to the symmetry on both sides of an optical axis AX along the direction of X in the pupil of an illumination-light study system -- the means is constituted the 1st variation rate. the 2nd V groove axicon 16 carries out the variation rate of the illumination light to the symmetry on both sides of an optical axis AX along with a Z direction in the pupil of an illumination-light study system -- the means is constituted the 2nd variation rate. And the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and the zoom lens 7 constitute the adjustable means which makes adjustable the magnitude and the configuration of the illumination light in the pupil of an illumination-light study system.

[0099] Drawing 15 is drawing explaining an operation of the cone axicon to each surface light source of the circle configuration formed in 4 pole lighting of the 2nd operation gestalt, a zoom lens, the 1st V groove axicon, and the 2nd V groove axicon. Its attention is paid to one surface light source 45a of the surface light sources of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of smallest 4 poles which spacing of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, and the 2nd V groove axicon 16 is zero, and is formed where the focal distance of a zoom lens 7 is set as the minimum value (henceforth "reference condition") from both drawing 15 .

[0100] If spacing of the 1st V groove axicon 15 is made to expand from zero to a predetermined value by this reference condition, surface light source 45a will move along the direction of X, with that configuration and magnitude maintained, and will arrive at the location shown by reference agreement 45b. Subsequently, if spacing of the 2nd V groove axicon 16 is made to expand from zero to a predetermined value, surface light source 45b will move along with a Z direction, with the configuration and magnitude maintained, and will arrive at the location shown by reference agreement 45c.

[0101] Moreover, if the focal distance of a zoom lens 7 is made to expand from the minimum value to a predetermined value, surface light source 45c of a circle configuration will move to the method of outside along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX while expanding it, with the circle configuration maintained, and will arrive at the location shown by 45d of reference agreements. Furthermore, if spacing of the cone axicon 14 is made to expand from zero to a predetermined value if needed, they will move to the method of outside along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX while 45d of surface light sources of a circle configuration changes to elliptical [which was expanded from the circle configuration], and will arrive at the location shown by reference agreement 45e.

[0102] In addition, even if it makes spacing of the 1st V groove axicon 15 expand from zero to a predetermined value after making spacing of the 2nd V groove axicon 16 expand from zero to a predetermined value, surface light source 45a arrives at the location shown by reference agreement 45c, with the configuration and magnitude maintained. Similarly, depending on change of the focal distance of a zoom lens 7, it does not depend on the change list of spacing of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, and the 2nd V groove axicon 16 for the location, the configuration, and magnitude of the surface light source finally acquired in order of the change.

[0103] In this way, according to an operation of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 7, it can continue broadly, and the location of each surface light source

which constitutes the secondary 4 pole-like light source can be moved, and the configuration and magnitude can be continued and changed to the predetermined range. However, in fact, the rate of a flow rate of each surface light source by the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, or the 2nd V groove axicon 16 (namely, coordinate location of the surface light source of the migration origin to the coordinate location of the surface light source of a migration place) has the constraint on an optical design, and the successive range of each surface light source has a limit.

[0104] So, with the 2nd operation gestalt, it has three kinds of diffracted-light study components from which a property differs as diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting. Drawing 16 is drawing explaining each surface light source formed through three kinds of diffracted-light study components for 4 pole lighting from which a property differs in the 2nd operation gestalt, and its successive range. Also in drawing 16, its attention is paid to the one surface light source 46 in the surface light source of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of smallest 4 poles formed by reference condition like drawing 15.

[0105] With the 2nd operation gestalt, the secondary light source of the shape of 4 poles from which the square which connects the central point of the four surface light sources, and is formed of the 1st diffracted-light study component for 4 pole lighting turns into a long and slender rectangle along the direction of X, i.e., the secondary light source of the shape of 4 poles as shown in the right-hand side of drawing 14 (a), is formed. One surface light source 46a of the surface light sources of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of 4 poles formed through the 1st diffracted-light study component for 4 pole lighting moves within the limits of the shape of a rectangle shown by reference mark 47a according to an operation of the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16.

[0106] The secondary light source of the shape of 4 poles from which the square which connects the central point of the four surface light sources, and is formed of the 2nd diffracted-light study component for 4 pole lighting, on the other hand, turns into a long and slender rectangle along with a Z direction, i.e., the secondary light source of the shape of 4 poles as shown in the right-hand side of drawing 14 (b), is formed. One surface light source 46b of the surface light sources of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of 4 poles formed through the 2nd diffracted-light study component for 4 pole lighting moves within the limits of the shape of a rectangle shown by reference mark 47b according to an operation of the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16.

[0107] Furthermore, the secondary light source of the shape of 4 poles from which the square which connects the central point of the four surface light sources, and is formed of the 3rd diffracted-light study component for 4 pole lighting turns into a square, i.e., the secondary light source of the shape of 4 poles as shown in the right-hand side (or left-hand side of drawing 14 (a) - (c)) of drawing 14 R> 4 (c), is formed. One surface light source 46c of the surface light sources of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of 4 poles formed through the 3rd diffracted-light study component for 4 pole lighting moves within the limits of the shape of a rectangle shown by reference mark 47c according to an operation of the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16.

[0108] in this way, even if it be the case where the rate of a flow rate of each surface light source by the 1st V groove axicon 15 or the 2nd V groove axicon 16 (as a result, the successive range) be restrict to some extent from a viewpoint of an optical design, with the 2nd operation gestalt, the location of each surface light source can be move free in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX by using together three kinds of diffracted light study components for 4 pole lighting from which a property differ. In addition, although illustration was omitted in drawing 16 R> 6, in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX, the location, the configuration, and magnitude of each surface light source can also be suitably changed into a desired condition according to an operation of the cone axicon 14 and a zoom lens 7.

[0109] Moreover, in the 1st modification of the 2nd operation gestalt, it has four kinds of diffracted-light study components from which a property differs as diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting. Drawing 17 and drawing 18 are drawings which explain the migration and deformation to each surface light source list formed through four kinds of diffracted-light study components for 4 pole lighting from which a property differs in the 1st modification of the 2nd operation gestalt. Also in drawing 17 and drawing 18, its attention is paid to the one surface light source 48 in the surface light source of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of smallest 4 poles formed by reference condition like drawing 15 and

drawing 16 .

[0110] In the 1st modification of the 2nd operation gestalt, as shown in drawing 17 and drawing 18 It is divided into four sectorial regions by three segments by which the 4 semicircle field specified by the circle centering on an optical axis AX, the segment parallel to the X-axis, and the segment parallel to the Z-axis passes along an optical axis AX. It is set up so that an each surface light sources [of the circle configuration formed, respectively of four kinds of diffracted-light study components for 4 pole lighting / 48a-48d] core may be located in each sectorial region. That is, it is set up so that surface light source 48a may be formed of the 1st diffracted-light study component, surface light source 48b may be formed of the 2nd diffracted-light study component, surface light source 48c may be formed of the 3rd diffracted-light study component and 48d of surface light sources may be formed of the 4th diffracted-light study component.

[0111] hereafter, since explanation is easy, a 4 semicircle field carries out a division-into-equal-parts rate to four sectorial regions -- having -- each surface light source 48 -- it shall be arranged along the hoop direction of the circle centering on an optical axis AX so that a-48d may touch mutually In this case, if spacing of the cone axicon 14 is made to expand from zero to a predetermined value, as shown in drawing 17 , the location which moves to the method of outside along the direction of a path of the circle [center position / that] centering on an optical axis AX, and is shown by the reference agreements 49a-49d, respectively while each surface light sources 48a-48d change to elliptical [which that configuration expanded from the circle configuration] will be arrived at.

[0112] Moreover, while expanding each surface light sources 48a-48d, with the circle configuration maintained as shown in drawing 18 if the focal distance of a zoom lens 7 is made to expand from the minimum value to a predetermined value, the center position moves to the method of outside along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX, and arrives at the location shown by the reference agreements 50a-50d, respectively. In this way, in the 1st modification of the 2nd operation gestalt, the location, the configuration, and magnitude of each surface light source can be changed free in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX by using together four kinds of diffracted-light study components for 4 pole lighting from which a property differs.

[0113] in addition -- drawing 17 and drawing 18 -- each surface light source 48 -- although it arranges so that a-48d may touch mutually -- each surface light source 48 -- it can also arrange so that a-48d may separate spacing mutually. In any case, in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX, it can change into the condition of a request of the location, the configuration, and magnitude of each surface light source suitably according to an operation of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 7.

[0114] Furthermore, in the 2nd modification of the 2nd operation gestalt, it has two kinds of diffracted-light study components from which a property differs as diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting. Drawing 19 is drawing which explains the migration and deformation to each surface light source list formed through two kinds of diffracted-light study components for 4 pole lighting from which a property differs in the 2nd modification of the 2nd operation gestalt. Also in drawing 19 , its attention is paid to the one surface light source 51 in the surface light source of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of smallest 4 poles formed by reference condition like drawing 15 - drawing 18 .

[0115] In the 2nd modification of the 2nd operation gestalt, the secondary light source of the shape of 4 poles from which the square which connects the central point of the four surface light sources, and is formed of one diffracted-light study component for 4 pole lighting turns into a long and slender rectangle along the direction of X is formed. One surface light source 51a of the surface light sources of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of 4 poles formed through one diffracted-light study component for 4 pole lighting (it corresponds to 46a of drawing 16) moves within the limits of the shape of a rectangle shown by reference mark 52a according to an operation of the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16.

[0116] Moreover, the secondary light source of the shape of 4 poles from which the square which connects the central point of the four surface light sources, and is formed of the diffracted-light study component for 4 pole lighting of another side turns into a long and slender rectangle along with a Z direction is formed. One surface light source 51b of the surface light sources of four circle configurations which constitute the secondary light source of the shape of 4 poles formed through the diffracted-light study component for 4 pole lighting of

another side (it corresponds to 46b of drawing 16) moves within the limits of the shape of a rectangle shown by reference mark 52b according to an operation of the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16. [0117] Furthermore, surface light source 51c is formed in an in-between location with the first stage-surface light sources 51a and 51b of the concomitant use with one diffracted-light study component for 4 pole lighting, and the 2nd V groove axicon 16, or concomitant use with the diffracted-light study component for 4 pole lighting of another side, and the 1st V groove axicon 15. In this case, while expanding surface light source 51c by making the variable power function of a zoom lens 7 act to surface light source 51c, with that circle configuration maintained, that center position moves to the method of outside along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX, and arrives at the location shown by 51d of reference agreements. [0118] Or although illustration was omitted, while surface light source 51c changes to elliptical [which the circle configuration expanded] by making the cone axicon 14 act to surface light source 51c, the center position moves to the method of outside along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX. In this way, in the 2nd modification of the 2nd operation gestalt, the location of each surface light source can be moved free in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX by using together two kinds of diffracted-light study components for 4 pole lighting from which a property differs. Moreover, generally the location, the configuration, and magnitude of each surface light source can be suitably changed into a desired condition in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX according to an operation of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 7.

[0119] Next, the zona-orbicularis lighting obtained by replacing with diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting, and setting up diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting all over an illumination-light way is explained briefly. In this case, mostly, after [which carried out incidence to diffracted-light study component 11b] the parallel flux of light forms optical zona-orbicularis-like intensity distribution in the pupil surface of an afocal lens 12, it turns into the parallel flux of light mostly, and is injected from an afocal lens 12. The flux of light through an afocal lens 12 forms the radiation field of the shape of zona orbicularis centering on an optical axis AX in the plane of incidence of micro fly eye 8a through a zoom lens 7. Consequently, the secondary light source which has the almost same optical intensity distribution as the radiation field formed of the incoming beams, i.e., the secondary light source of the shape of zona orbicularis centering on an optical axis AX, is formed in a backside [micro fly eye 8a] focal plane.

[0120] Drawing 20 is drawing explaining an operation of the cone axicon to the secondary light source formed in the zona-orbicularis lighting of the 2nd operation gestalt. With the zona-orbicularis lighting of the 2nd operation gestalt, it changes to secondary light source 60b of the shape of zona orbicularis to which the outer diameter and bore were expanded [both], without the width of face (1/2 of the difference of an outer diameter and a bore: the drawing Nakaya mark showing) changing, when smallest zona-orbicularis-like secondary light source 60a formed by reference condition makes spacing of the cone axicon 14 expand from zero to a predetermined value. If it puts in another way, as for the secondary zona-orbicularis-like light source, the zona-orbicularis ratio and magnitude (outer diameter) will change [both] with operations of the cone axicon 14, without the width of face changing.

[0121] Drawing 21 is drawing explaining an operation of the zoom lens to the secondary light source formed in the zona-orbicularis lighting of the 2nd operation gestalt. With the zona-orbicularis lighting of the 2nd operation gestalt, secondary light source 60a of the shape of zona orbicularis formed by reference condition changes to secondary light source 60c of the shape of zona orbicularis to which the whole configuration was expanded in similarity by making the focal distance of a zoom lens 7 expand from the minimum value to a predetermined value. If it puts in another way, as for the secondary zona-orbicularis-like light source, the width of face and magnitude (outer diameter) will change [both] with operations of a zoom lens 7, without the zona-orbicularis ratio changing.

[0122] Drawing 22 is drawing explaining an operation of the 1st V groove axicon to the secondary light source formed in the zona-orbicularis lighting of the 2nd operation gestalt and the 2nd V groove axicon. Although whenever [in alignment with the Z direction of the incoming beams to the predetermined side 13 / incident angle] does not change with change of spacing of the 1st V groove axicon 15 as mentioned above, whenever [incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the predetermined side 13] changes. Consequently, as shown in drawing 22 (a), although each four surface light sources 61-64 of a four semicircle

arc which constitute zona-orbicularis-like secondary light source 60a do not move to a Z direction, they move in the direction of X. Namely, if spacing of the 1st V groove axicon 15 is expanded to a predetermined value from zero, the surface light sources 61 and 63 will move in the direction of -X, and will move the surface light sources 62 and 64 in the direction of +X.

[0123] On the other hand, although whenever [incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the predetermined side 13] does not change with change of spacing of the 2nd V groove axicon 16, whenever [in alignment with the Z direction of the incoming beams to the predetermined side 13 / incident angle] changes. Consequently, as shown in drawing 22 (b), although each surface light sources 61-64 do not move in the direction of X, they move to a Z direction. That is, if spacing of the 2nd V groove axicon 16 is expanded to a predetermined value from zero, the surface light sources 61 and 62 will move to + Z direction, and will move the surface light sources 63 and 64 to - Z direction.

[0124] Furthermore, change of both spacing of the 1st V groove axicon 15 and spacing of the 2nd V groove axicon 16 changes whenever [in alignment with whenever / incident angle / which met in the direction of X of the incoming beams to the predetermined side 13 / and, a Z direction / incident angle / both]. Consequently, as shown in drawing 22 (c), each surface light sources 61-64 move in a Z direction and the direction of X. Namely, if spacing of the 1st V groove axicon 15 and spacing of the 2nd V groove axicon 16 are expanded to a predetermined value from zero, the surface light source 61 will move in + Z direction and the direction of -X, and the surface light source 62 moves in + Z direction and the direction of +X, the surface light source 63 will move in - Z direction and the direction of -X, and it will move the surface light source 64 in - Z direction and the direction of +X. In this way, the secondary light source of the shape of 4 poles which consists of the surface light source of the four shape of independent radii can be formed.

[0125] As mentioned above, although the operation of the cone axicon 14 in the zona-orbicularis lighting of the 2nd operation gestalt, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 7 was explained according to the individual, the zona-orbicularis lighting of various gestalten is possible by the interaction of these optical members. If a zoom lens 7 is made to act in the condition which shows in drawing 22 (c), the surface light source 62 will move along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX, and, specifically, it will change to surface light source 62a from which the whole configuration changed in similarity, for example. On the other hand, if the cone axicon 14 is made to act in the condition which shows in drawing 22 (c), the surface light source 64 moves along the direction of a path of the circle centering on an optical axis AX, and the dimension of the direction of a path will change to surface light source 64a from which only the dimension of the hoop direction changed, for example, without changing.

[0126] However, the modification range of the zona-orbicularis ratio by the cone axicon 14 has a limit by constraint on an optical design in fact. So, with the 2nd operation gestalt, it has two kinds of diffracted-light study components from which a property differs as diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting. That is, with the 2nd operation gestalt, the secondary light source of the shape of zona orbicularis which has the configuration where it was suitable for changing a zona-orbicularis ratio in 0.5-0.68 with one diffracted-light study component for zona-orbicularis lighting is formed. Moreover, the secondary light source of the shape of zona orbicularis which has the configuration where it was suitable for changing a zona-orbicularis ratio in 0.68-0.8 with the diffracted-light study component for zona-orbicularis lighting of another side is formed. Consequently, concomitant use of two kinds of diffracted-light study components for zona-orbicularis lighting enables it to change a zona-orbicularis ratio in 0.5-0.8.

[0127] By the way, when drawing 23 (a) is referred to, it turns out that the curvature of a circle (a drawing destructive line shows) and the curvature of the outside radii of the surface light source of each semicircle arc which are circumscribed to the secondary light source of the shape of 2 poles acquired on the right-hand side of drawing 2222 (a) or (b) are not in agreement. So, in the 3rd modification of the 2nd operation gestalt, in order to make in agreement the curvature of a circle and the curvature of the outside radii of each surface light source of a semicircle arc which are circumscribed to the secondary light source of the shape of 2 poles acquired according to an operation of the 1st V groove axicon 15 or the 2nd V groove axicon 16, the 3rd diffracted-light study component for zona-orbicularis lighting is attached. The 3rd diffracted-light study component for zona-orbicularis lighting forms the slightly flat ellipse annular secondary light source along with not the secondary light source but the direction of X or Z direction of the shape of perfect zona orbicularis which is specified by two circles centering on an optical axis AX, as shown in drawing 23 (b).

[0128] Furthermore, the ellipse annular secondary light source formed of the 3rd diffracted-light study component for zona-orbicularis lighting is constituted from the surface light sources 65a and 65b of the shape of radii of a pair by the detail, and the curvature of the outside radii of each surface light sources 65a and 65b is set to it so that it may be in agreement with the curvature of the circle circumscribed to the secondary light source of the shape of 2 poles acquired according to an operation of the 1st V groove axicon 15 or the 2nd V groove axicon 16. Therefore, in the 3rd modification of the 2nd operation gestalt, the curvature of the circle circumscribed to the secondary light source of the shape of these 2 poles and the curvature of the outside radii of surface light source each the radii-like each surface light sources 65a and 65b are in agreement in the secondary light source of the shape of 2 poles acquired according to an operation of the 1st V groove axicon 15 or the 2nd V groove axicon 16.

[0129] Furthermore, the usual circular lighting obtained by replacing with diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting or diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting, and setting up diffracted-light study component 11c for circular lighting all over an illumination-light way is explained briefly. In this case, mostly, after [which carried out incidence to diffracted-light study component 11c] the parallel flux of light forms the optical intensity distribution of a circle configuration in the pupil surface of an afocal lens 12, it turns into the parallel flux of light mostly, and is injected from an afocal lens 12.

[0130] The flux of light through an afocal lens 12 forms the radiation field of the circle configuration centering on an optical axis AX in the plane of incidence of micro fly eye 8a through a zoom lens 7. Consequently, the secondary light source which has the almost same optical intensity distribution as the radiation field formed of the incoming beams, i.e., the secondary light source of the circle configuration centering on an optical axis AX, is formed in a backside [micro fly eye 8a] focal plane (namely, pupil of an illumination-light study system).

[0131] With the circular lighting of the 2nd operation gestalt, the smallest secondary light source of a circle configuration formed by reference condition changes to the secondary light source of the circle configuration to which the whole configuration was expanded in similarity by making the focal distance of a zoom lens 7 expand from the minimum value to a predetermined value. If it puts in another way, with the circular lighting of the 2nd operation gestalt, the magnitude (outer diameter) of the secondary light source of a circle configuration can be changed by changing the focal distance of a zoom lens 7.

[0132] Drawing 24 is drawing explaining an operation of the 1st V groove axicon to the secondary light source formed in the circular lighting of the 2nd operation gestalt and the 2nd V groove axicon. With the circular lighting of the 2nd operation gestalt, if spacing of the 1st V groove axicon 15 is expanded to a predetermined value from zero, as shown in drawing 24 (a), among the surface light sources 66a-66d of the four shape of 4 semicircles which constitutes the secondary light source of a circle configuration, the surface light sources 66a and 66c will move in the direction of -X, and the surface light sources 66b and 66d will move them in the direction of +X.

[0133] On the other hand, if spacing of the 2nd V groove axicon 16 is expanded to a predetermined value from zero, as shown in drawing 24 (b), the surface light sources 66a and 66b will move to + Z direction, and will move the surface light sources 66c and 66d to - Z direction. Furthermore, if spacing of the 1st V groove axicon 15 and spacing of the 2nd V groove axicon 16 are expanded to a value predetermined [both] from zero, as shown in drawing 24 (c) Surface light source 66a moves in + Z direction and the direction of -X, surface light source 66b moves in + Z direction and the direction of +X, surface light source 66c moves in - Z direction and the direction of -X, and 66d of surface light sources moves in - Z direction and the direction of +X. In this way, the secondary light source of the shape of 4 poles which consists of the surface light source of the four shape of independent 4 semicircles can be formed.

[0134] As mentioned above, although the operation of the 1st V groove axicon 15 in the circular lighting of the 2nd operation gestalt, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 7 was explained according to the individual, the circular lighting of various gestalten is possible by the interaction of these optical members. However, the variable power range of the outer diameter by the zoom lens 7 has a limit by constraint on an optical design in fact. So, with the 2nd operation gestalt, it has two kinds of diffracted-light study components from which a property differs as diffracted-light study component 11c for circular lighting.

[0135] That is, with the 2nd operation gestalt, the secondary light source of the circle configuration which has the configuration of having been suitable for changing a sigma value at an in-between sigma value, i.e., the range to Inside sigma, is formed from a comparatively small sigma value, i.e., small mho, by one diffracted-

light study component for circular lighting. Moreover, the secondary light source of the circle configuration which has the configuration where it was suitable for changing a sigma value in the range from Inside sigma to a comparatively large sigma value, i.e., large mho, with the diffracted-light study component for circular lighting of another side is formed. Consequently, concomitant use of two kinds of diffracted-light study components for circular lighting enables it to change a sigma value in the range (for example, $0.1 \leq \sigma \leq 0.95$) from small mho to large mho.

[0136] Hereafter, switch actuation of the lighting conditions in the 2nd operation gestalt etc. is explained concretely. First, the information about various kinds of masks which should carry out sequential exposure according to step-and-repeat method or step - and - scanning method etc. is inputted into a control system 21 through the input means 20, such as a keyboard. The control system 21 has memorized information, such as optimal line breadth (resolution) about various kinds of masks, and the depth of focus, in the internal memory section, answers an input from the input means 20, and supplies the suitable control signal for drive systems 24, 26-28.

[0137] namely, the basis of the optimal resolution and the depth of focus -- 4 -- when illuminating very much, a drive system 26 positions diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting all over an illumination-light way based on the command from a control system 21. And in order to acquire the secondary light source of the shape of 4 poles which has a desired gestalt, drive systems 28a-28c set up spacing of axicons 14-16 based on the command from a control system 21, and a drive system 24 sets up the focal distance of a zoom lens 7 based on the command from a control system 21. Moreover, a drive system 27 drives the adjustable aperture diaphragm of projection optics PL based on the command from a control system 21.

[0138] Furthermore, the gestalt of the secondary light source of the shape of 4 poles formed in a backside [micro fly eye 8a] focal plane can be suitably changed if needed by changing spacing of axicons 14-16 by drive systems 28a-28c, or changing the focal distance of a zoom lens 7 by the drive system 24. In this way, the magnitude (outer diameter) of the secondary whole 4 pole-like light source and a configuration (zona-orbicularis ratio), the location of each surface light source, a configuration, magnitude, etc. can be changed suitably, and various 4 pole lighting can be performed.

[0139] Moreover, when carrying out zona-orbicularis lighting under the optimal resolution and the depth of focus, a drive system 26 positions diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting all over an illumination-light way based on the command from a control system 21. And in order to acquire the secondary light source of the shape of zona orbicularis which has a desired gestalt, or in order to acquire the secondary light source of the shape of 4 poles derivatively acquired from the secondary zona-orbicularis-like light source, or the secondary 2 pole-like light source, drive systems 28a-28c set up spacing of axicons 14-16 based on the command from a control system 21, and a drive system 24 sets up the focal distance of a zoom lens 7 based on the command from a control system 21. Moreover, a drive system 27 drives the adjustable aperture diaphragm of projection optics PL based on the command from a control system 21.

[0140] Furthermore, the gestalt of the gestalt of the secondary light source of the shape of zona orbicularis formed in a backside [micro fly eye 8a] focal plane, the secondary light source of the shape of 4 poles acquired derivatively, or the secondary 2 pole-like light source can be suitably changed if needed by changing spacing of axicons 14-16 by drive systems 28a-28c, or changing the focal distance of a zoom lens 7 by the drive system 24. In this way, the magnitude (outer diameter) of the secondary whole zona-orbicularis-like light source and a configuration (zona-orbicularis ratio), the location of each surface light source acquired derivatively, a configuration, magnitude, etc. can be changed suitably, and various zona-orbicularis lighting can be performed.

[0141] Furthermore, when carrying out the circular lighting usual by the basis of the optimal resolution and the depth of focus, a drive system 26 positions diffracted-light study component 11c for circular lighting all over an illumination-light way based on the command from a control system 21. And in order to acquire the secondary light source of the circle configuration which has a desired gestalt, or in order to acquire the secondary light source of the shape of 4 poles derivatively acquired from the secondary light source of a circle configuration, or the secondary 2 pole-like light source, drive systems 28a-28c set up spacing of axicons 14-16 based on the command from a control system 21, and a drive system 24 sets up the focal distance of a zoom lens 7 based on the command from a control system 21. Moreover, a drive system 27 drives the adjustable aperture diaphragm of projection optics PL based on the command from a control system 21.

[0142] Furthermore, the gestalt of the gestalt of the secondary light source of the circle configuration formed in

a backside [micro fly eye 8a] focal plane, the secondary light source of the shape of 4 poles acquired derivatively, or the secondary 2 pole-like light source can be suitably changed if needed by changing spacing of axicons 14-16 by drive systems 28a-28c, or changing the focal distance of a zoom lens 7 by the drive system 24. In this way, the magnitude (as a result, sigma value) of the whole secondary light source of a circle configuration, the location of each surface light source acquired derivatively, a configuration, magnitude, etc. can be changed suitably, and various circular lighting can be performed.

[0143] In addition, with the 2nd operation gestalt, although the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, and the 2nd V groove axicon 16 are arranged sequentially from a light source side, this location sequence can also be changed suitably. Moreover, although the 1st prism member which has a concave refracting interface, and the 2nd prism which has a convex refracting interface are arranged sequentially from a light source side in each axicons 14-16, this location sequence can also be made reverse.

[0144] Moreover, although each axicons 14-16 are constituted from the prism member of a pair by the 2nd operation gestalt, respectively Without being limited to this unify 2nd prism member 14b of the cone axicon 14, and 1st prism member 15a of the 1st V groove axicon 15, for example, or 2nd prism member 15b of the 1st V groove axicon 15 and 1st prism member 16a of the 2nd V groove axicon 16 can also be unified. In this case, spacing of each axicons 14-16 can be independently changed, respectively by moving at least three members in accordance with an optical axis AX among 2nd prism member 16b of 1st prism member 14a of the cone axicon 14, two unified prism, and the 2nd V groove axicon 16.

[0145] Drawing 25 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 3rd operation gestalt of this invention. Drawing 26 is the perspective view showing roughly the configuration of the V groove axicon of the pair arranged in the optical path of an afocal lens in the 3rd operation gestalt. The 3rd operation gestalt has a configuration similar to the 2nd operation gestalt. However, with the 3rd operation gestalt, the point that only the V groove axicon of a pair is arranged is fundamentally different from the 2nd operation gestalt with the 2nd operation gestalt to the cone axicon and the V groove axicon of a pair being arranged in the optical path of an afocal lens 12. Hereafter, the 3rd operation gestalt is explained paying attention to difference with the 2nd operation gestalt.

[0146] With 4 pole lighting of the 3rd operation gestalt, since the cone axicon is not arranged, the circle configuration of each surface light source which constitutes the secondary 4 pole-like light source cannot be changed to elliptical. However, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting, in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX, the location of each surface light source can be suitably changed by using an operation of the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16. Moreover, in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX, the location and magnitude of each surface light source can be suitably changed by using a variable power operation of a zoom lens 7 auxiliary.

[0147] On the other hand, with the zona-orbicularis lighting of the 3rd operation gestalt, since the cone axicon is not arranged, the zona-orbicularis ratio of the secondary zona-orbicularis-like light source cannot be changed continuously. However, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting By using an operation of the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 7 The location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary light source of the shape of 2 poles derivatively acquired from the secondary light source of the shape of the overall magnitude and the overall configuration (zona-orbicularis ratio) of the secondary zona-orbicularis-like light source, or zona orbicularis or the secondary 4 pole-like light source can be changed suitably.

[0148] By the way, with circular lighting, an operation of a cone axicon is not used positively. Therefore, also in the circular lighting of the 3rd operation gestalt, the location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary light source of the shape of 2 poles derivatively acquired from the secondary light source of the overall magnitude of the secondary light source of a circle configuration or a circle configuration or the secondary 4 pole-like light source can be suitably changed like the case of the 2nd operation gestalt.

[0149] Drawing 27 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 4th operation gestalt of this invention. Drawing 28 is the perspective view showing roughly the configuration of the cone axicon arranged in the optical path of an afocal lens in the 4th

operation gestalt, and the 1st V groove axicon. The 4th operation gestalt has a configuration similar to the 2nd operation gestalt. However, with the 4th operation gestalt, the point that only the cone axicon and the 1st V groove axicon are arranged is fundamentally different from the 2nd operation gestalt with the 2nd operation gestalt to the cone axicon and the V groove axicon of a pair being arranged in the optical path of an afocal lens 12. Hereafter, the 4th operation gestalt is explained paying attention to difference with the 2nd operation gestalt. In addition, in drawing 27 and drawing 28, although the 1st V groove axicon 15 is shown as one V groove axicon, one V groove axicon may be the 2nd V groove axicon 16.

[0150] With 4 pole lighting of the 4th operation gestalt, since only one V groove axicon (15 or 16) is arranged, it cannot change only the location two-dimensional, with the configuration and magnitude of each surface light source of a circle configuration maintained which constitute the secondary 4 pole-like light source. However, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting, in the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX, the location, the configuration, and magnitude of each surface light source can be suitably changed by using the cone axicon 14, one V groove axicon (15 or 16), and an operation of a zoom lens 7.

[0151] On the other hand, with the zona-orbicularis lighting of the 4th operation gestalt, since only one V groove axicon (15 or 16) is arranged, the secondary 4 pole-like light source cannot be derivatively acquired from the secondary zona-orbicularis-like light source. However, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting By using the cone axicon 14, one V groove axicon (15 or 16), and an operation of a zoom lens 7 The location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary light source of the shape of 2 poles derivatively acquired from the secondary light source of the shape of the overall magnitude and the overall configuration (zona-orbicularis ratio) of the secondary zona-orbicularis-like light source, or zona orbicularis can be changed suitably.

[0152] Furthermore, with the circular lighting of the 4th operation gestalt, since only one V groove axicon (15 or 16) is arranged, the secondary 4 pole-like light source cannot be derivatively acquired from the secondary light source of a circle configuration. However, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11c for circular lighting By using the cone axicon 14, one V groove axicon (15 or 16), and an operation of a zoom lens 7 The location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary light source of the shape of 2 poles derivatively acquired from the secondary light source of the overall magnitude of the secondary light source of a circle configuration or a circle configuration can be changed suitably.

[0153] Drawing 29 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 5th operation gestalt of this invention. The 5th operation gestalt has a configuration similar to the 2nd operation gestalt. However, with the 5th operation gestalt, it replaces with the optical integrator (micro fly eye 8a) of a wavefront-splitting mold, and the point of using the optical integrator (rod mold integrator 70) of an internal reflection mold is fundamentally different from the 2nd operation gestalt. Hereafter, the 5th operation gestalt is explained paying attention to difference with the 2nd operation gestalt.

[0154] With the 5th operation gestalt, the zoom lens 71, the 2nd diffracted-light study component (or micro fly eye) 72, and the input lens 73 are arranged sequentially from a light source side corresponding to having replaced with micro fly eye 8a, and arranging the rod mold integrator 70 in the optical path between the diffracted-light study component 11 and the rod mold integrator 70. Moreover, the mask blind 17 as a lighting field diaphragm is arranged near the injection side of the rod mold integrator 70.

[0155] Here, the zoom lens 71 is arranged so that the before side focal location of an after that side focal location may correspond with the location of the 2nd diffracted-light study component 72 mostly almost in accordance with the location of the diffracted-light study component 11. In addition, change of the focal distance of a zoom lens 71 is performed by the drive system 29 which operates based on the command from a control system 21. Moreover, the input lens 73 is arranged so that the before side focal location of an after that side focal location may correspond with the location of the plane of incidence of the rod mold integrator 70 mostly almost in accordance with the location of the 2nd diffracted-light study component 72.

[0156] The rod mold integrator 70 is the glass rod of the internal reflection mold which consists of a glass ingredient like quartz glass or fluorite, and forms the light source image of the number according to the number of internal reflection along a field parallel to rod plane of incidence through a condensing point using total

reflection, the interface, i.e., the inside, of the interior and the exterior. Here, although most light source images formed are virtual images, only a central (condensing point) light source image turns into a real image. That is, the flux of light which carried out incidence to the rod mold integrator 70 is divided in the include-angle direction by internal reflection, and the secondary light source which consists of many light source images along a field parallel to the plane of incidence through a condensing point is formed.

[0157] Therefore, with 4 pole lighting (zona-orbicularis lighting or circular lighting) of the 5th operation gestalt, the flux of light which passed diffracted-light study component 11a (11b or 11c) alternatively installed in the illumination-light way forms a 4 pole-like (shape of zona orbicularis, circle configuration) radiation field on the 2nd diffracted-light study component 72 through a zoom lens 71. The flux of light which passed the 2nd diffracted-light study component 72 condenses near the plane of incidence of the rod mold integrator 70 through the input lens 73. Drawing 30 is drawing explaining an operation of the 2nd diffracted-light study component in the 5th operation gestalt.

[0158] As shown in drawing 30 (a), when the 2nd diffracted-light study component 72 is not arranged, the flux of light through a zoom lens 71 and the input lens 73 condenses to about one point on plane-of-incidence 70a of the rod mold integrator 70. The light source of a large number formed in the incidence side by the rod mold integrator 70 will become very in dissipation (the filling factor of each light source to the whole secondary light source becoming small), and it will become impossible consequently, to acquire the substantial surface light source.

[0159] So, with the 5th operation gestalt, the 2nd diffracted-light study component 72 as a flux of light emission component is arranged near the before [the input lens 73] side focal location. In this way, as shown in drawing 30 R> 0 (b), the flux of light emitted through the 2nd diffracted-light study component 72 condenses with predetermined breadth through the input lens 73 in the plane-of-incidence 70a top of the rod mold integrator 70. Consequently, the light source of a large number formed in the incidence side by the rod mold integrator 70 becomes very dense (the filling factor of each light source to the whole secondary light source becoming large), and the secondary light source as the substantial surface light source can be acquired.

[0160] The flux of light from the secondary light source of the shape of 4 poles formed in the incidence side by the rod mold integrator 70 (the shape of zona orbicularis, circle configuration) illuminates the mask M with which the predetermined pattern was formed through the mask blind 17 and the image formation optical system 18, after being superimposed in the injection side. In addition, with the 5th operation gestalt, the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, and the 2nd V groove axicon 16 are arranged sequentially from the light source side in the optical path between before [a zoom lens 71] side lens group 71a, and backside lens group 71b.

[0161] Therefore, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11a for 4 pole lighting like the 2nd operation gestalt also in 4 pole lighting of the 5th operation gestalt By using an operation of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 71 In the field of the shape of a circular ring centering on an optical axis AX, the location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary zona-orbicularis-like light source can be changed suitably.

[0162] Moreover, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11b for zona-orbicularis lighting like the 2nd operation gestalt also in the zona-orbicularis lighting of the 5th operation gestalt By using an operation of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 71 The location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary light source of the shape of 2 poles derivatively acquired from the secondary light source of the shape of the overall magnitude and the overall configuration (zona-orbicularis ratio) of the secondary zona-orbicularis-like light source, or zona orbicularis or the secondary 4 pole-like light source can be changed suitably.

[0163] Furthermore, while using alternatively two or more diffracted-light study component 11c for circular lighting like the 2nd operation gestalt also in the circular lighting of the 5th operation gestalt By using an operation of the cone axicon 14, the 1st V groove axicon 15, the 2nd V groove axicon 16, and a zoom lens 71 The location, the configuration, and magnitude of each surface light source which constitutes the secondary light source of the shape of 2 poles derivatively acquired from the secondary light source of the overall magnitude of the secondary light source of a circle configuration or a circle configuration or the secondary 4 pole-like light source can be changed suitably.

[0164] As mentioned above, also in the 2nd operation gestalt - 5th operation gestalt, the magnitude and the

configuration of the whole secondary light source change to the direction of X, or a Z direction by changing spacing of the V groove axicons 15 or 16. Consequently, the optimal lighting conditions can be set up in two directions in which it intersects perpendicularly on the mask M which can realize lighting conditions which are mutually different in two directions (the direction of X, and the direction of Y) in which it intersects perpendicularly on Mask M, as a result has directivity in a pattern.

[0165] In addition, especially the 3rd operation gestalt equipped only with the V groove axicons 15 and 16 of a pair as an adjustable means among the above-mentioned 2nd operation gestalt - the 5th operation gestalt is suitable for the lithography process of memory (DRAM etc.). Moreover, especially the 4th operation gestalt equipped only with the cone axicon 14 and one V groove axicon (15 or 16) as an adjustable means is suitable for the lithography process of logic devices (MPU etc.). Furthermore, the 2nd operation gestalt and the 5th operation gestalt which were equipped with the cone axicon 14 and the V groove axicons 15 and 16 of a pair as an adjustable means are suitable for the lithography process of the common micro device containing a semiconductor device.

[0166] By the way, although the above 5th operation gestalt (see drawing 29) explained the example which used as the internal reflection mold optical integrator (rod mold optical integrator) 70 the optical integrator arranged at the mask side of an axicon system (14, 15, 16) It cannot be overemphasized that the fly eye lens 8 as an optical integrator mentioned above and micro fly eye 8a can be replaced with the internal reflection mold optical integrator (rod mold optical integrator) 70, either.

[0167] Moreover, although the above 2nd operation gestalt, 3rd operation gestalt, and 5th operation gestalt (see drawing 10 , drawing 25 , and drawing 29) showed the example which made the direction of the V groove of the 1st V groove axicon 15 the Z direction (the direction of 0 degree), and made the direction of the V groove of the 2nd V groove axicon 16 the direction of X (the direction of 90 degree) This invention is not limited to this arrangement and made into the direction (the direction of 45 degree) which rotated the 45 degrees of the directions of the V groove of the 1st V groove axicon 15 clockwise centering on the optical axis. It can carry out in the direction (the direction of 135 degree) which rotated the 45 degrees of the directions of the V groove of the 2nd V groove axicon 16 clockwise centering on the optical axis. The shadow of the slot which carries out incidence to micro fly eye 8a serves as slant by this, and the effectiveness that illuminance unevenness can be reduced can be expected. Furthermore, it can change into arbitration according to the lighting conditions expected the angle (crossed axes angle) of the direction of the V groove of the 1st V groove axicon 15, and the direction of the V groove of the 2nd V groove axicon 16 to make. In order to change the crossed axes angle of the slot of two V groove axicons like the above, a control system 21 makes at least one side of drive-system 28b and drive-system 28c drive based on the input inputted through the input means 20, and should just rotate relatively the 1st V groove axicon 15 and the 2nd V groove axicon 16 centering on an optical axis.

[0168] Furthermore, although the above 4th operation gestalt (see drawing 27) showed the example which made the direction of the V groove of the V groove axicon 15 the Z direction (the direction of 0 degree) This invention is not limited to this arrangement and can be carried out in the direction (the direction of 45 degree) which rotated the 45 degrees of the directions of the V groove of the V groove axicon 15 centering on the optical axis, the direction (the direction of 90 degree) rotated 90 degrees, the direction (the direction of 135 degree) rotated 135 degrees. That is, it can change into arbitration according to the lighting conditions expected the direction of the V groove of the V groove axicon 15. In order to change the direction of the slot of a V groove axicon like the above, a control system 21 makes drive-system 28b drive based on the input inputted through the input means 20, and only a predetermined rotation should make an optical-axis core rotate [control system] the V groove axicon 15.

[0169] Moreover, with each above operation gestalt, although it is desirable to set the adjustable range of a sigma value to 0.1 to 0.95 ($0.1 \leq \sigma \leq 0.95$) by concomitant use with a diffracted-light study component (11a, 11b, 11c) and the zoom lens 7 (variable power optical system) for sigma value adjustable If constraint of the lens number of sheets which constitutes the zoom lens 7 (variable power optical system) for sigma value adjustable, the tooth space of that, etc. is canceled, the range of the sigma value of 0.1-0.95 which are demanded as equipment can be continuously made adjustable.

[0170] Moreover, as for the zona-orbicularis flux of light formed in the pupil (pupil of projection optics) of an illumination-light study system, in the zona-orbicularis lighting in the above 1st operation gestalt - the 5th operation gestalt, it is desirable to make a zona-orbicularis ratio adjustable in the range of the sigma value of

0.4-0.95 ($0.4 \leq \sigma \leq 0.95$). Furthermore, as for the multi-electrode-like flux of light formed in the pupil (pupil of projection optics) of an illumination-light study system, in multi-electrode lighting including the above 2 pole lighting and 4 pole lighting in the 1st operation gestalt - 5th operation gestalt, it is desirable to make a location and magnitude adjustable in the range of the sigma value of 0.4-0.95 ($0.4 \leq \sigma \leq 0.95$).

[0171] Furthermore, in order to measure the aberration which remains in projection optics PL, or the aberration (wave aberration etc.) which change with time in the above 1st operation gestalt - the 5th operation gestalt, [moreover,] For example, the mask for aberration measurement (reticle for aberration measurement) currently indicated by U.S. Pat. No. 5,828,455, U.S. Pat. No. 5,978,085, etc. is laid in the mask stage MS which is not illustrated holding Mask (reticle) M. By carrying out suitable lighting to the mask for aberration measurement, it is possible to measure the aberration (wave aberration etc.) of projection optics PL with high precision. Here, as a result of having advanced research for the lighting conditions which can measure the aberration (wave aberration etc.) of projection optics PL with high precision from various include angles, it became clear that it is desirable to set up the sigma value of an illumination-light study system for any of the range of $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ being. Furthermore, in order to measure the aberration (wave aberration etc.) of projection optics PL much more with high precision, it is much more desirable to set up the sigma value of an illumination-light study system for any of the range of $0.02 \leq \sigma \leq 0.2$ being. Thus, in order to set lighting conditions as the range of $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$, or the range of $0.02 \leq \sigma \leq 0.2$, the sigma value of an illumination-light study system What is necessary is just to set up the diffracted-light study component for measurement which sets up the minimum sigma value instead of the diffracted-light study component (11a, 11b, 11c) which constitutes a part of lighting conditioning means (71 4a, 4b, 5, 7, 10, 11a-11c, 12, 14-16, 71a) in each above operation gestalt. in addition, when aberration has occurred in the projection optics PL of the above 1st operation gestalt - the 5th operation gestalt The measured aberration information is inputted into the input means 20. A control system 21 For example, a non-illustrated drive system is minded based on the aberration information inputted through the input means 20. By moving at least one optical elements (a lens, mirror, etc.) which constitute projection optics PL (it rotating to the circumference of an inclination and an optical axis to migration of the direction of an optical axis of projection optics PL, migration of the direction which intersects perpendicularly with an optical axis, and an optical axis) Aggravation of optical properties including the aberration of projection optics PL can be amended.

[0172] moreover, when the equipment shown in the above 1st operation gestalt - the 5th operation gestalt is used as a scanning aligner An illumination-light study system on Mask M a slit-like (shape of rectangle which has direction of short hand, and longitudinal direction) lighting field (lighting field which has the direction of a short hand in the direction of space or scanning direction of drawing 1 , drawing 10 , drawing 25 R> 5, drawing 27 , and drawing 29) The mask which formed the slit-like exposure field on Wafer W, and was held in the non-illustrated mask stage MS, By moving the wafer (substrate) held on the non-illustrated wafer stage (substrate stage) WS to the opposite sense along a scanning direction (drawing 1 R> 1, drawing 10 , drawing 25 , drawing 27 , and the direction of space of drawing 29) The pattern image of Mask M is formed on Wafer W through projection optics PL. In this case, the non-illustrated mask stage MS and the non-illustrated wafer stage (substrate stage) WS are controlled by the control system 21 through the driving gear which makes each non-illustrated stage drive.

[0173] In the equipment shown in each above operation gestalt, each cross-section configuration of the optical element (lens element) of a large number which constitute the fly eye lens (array-like optical element) 8 as an optical integrator, and micro fly eye (microarray-like optical element) 8a It is desirable to consider as similarity with the lighting field of the shape of a slit formed on Mask M (the shape of a rectangle which has the direction of a short hand and a longitudinal direction), and the exposure field of the shape of a slit formed on Wafer W (the shape of a rectangle which has the direction of a short hand and a longitudinal direction).

[0174] Moreover, as shown in each above operation gestalt In the case of the scanning aligner which transposed the fly eye lens (array-like optical element) 8 as an optical integrator, and micro fly eye (microarray-like optical element) 8a to the internal reflection mold optical integrator (rod mold optical integrator) In and the case of the scanning aligner which used the optical integrator as the internal reflection mold optical integrator (rod mold optical integrator) like the 5th operation gestalt The cross-section configuration of an internal reflection mold optical integrator (rod mold optical integrator) It is desirable to consider as similarity with the lighting field of the shape of a slit formed on Mask M (the shape of a rectangle which has the direction of a short hand and a

longitudinal direction), and the exposure field of the shape of a slit formed on Wafer W (the shape of a rectangle which has the direction of a short hand and a longitudinal direction).

[0175] In addition, maintaining an efficient large visual field, when the equipment shown in each above operation gestalt is used as a scanning aligner without causing enlargement and complication of projection optics PL In order to attain the scan exposure under a high throughput When setting to L_s short hand lay length in the lighting field (or exposure field of the shape of a slit formed on Wafer W) of the shape of a slit formed on Mask M and setting the die length of the longitudinal direction of the lighting field to L_l , it is desirable to fill the relation of $0.05 < L_s/L_l < 0.7$. In the scanning aligner shown in each above operation gestalt, it is referred to as $L_s/L_l = 1/3$, for example.

[0176] In the aligner concerning each above-mentioned operation gestalt, a mask (reticle) can be illuminated with illumination-light study equipment (lighting process), and micro devices (a semiconductor device, an image sensor, a liquid crystal display component, thin film magnetic head, etc.) can be manufactured by what (exposure process) the pattern for an imprint formed in the mask using projection optics is exposed for to a photosensitive substrate. Hereafter, by forming a predetermined circuit pattern in the wafer as a photosensitive substrate etc. using the aligner of each above-mentioned operation gestalt explains with reference to the flow chart of drawing 8 per example of the technique at the time of obtaining the semiconductor device as a micro device.

[0177] First, in step 301 of drawing 8, a metal membrane is vapor-deposited on the wafer of one lot. In the following step 302, a photoresist is applied on the metal membrane on the wafer of the 1 lot. Then, in step 303, the sequential exposure imprint of the image of the pattern on a mask is carried out to each shot field on the wafer of the one lot through the projection optics using the aligner of each above-mentioned operation gestalt. Then, in step 304, after development of the photoresist on the wafer of the one lot is performed, in step 305, the circuit pattern corresponding to the pattern on a mask is formed in each shot field on each wafer by etching by using a resist pattern as a mask on the wafer of the one lot. Then, devices, such as a semiconductor device, are manufactured by performing formation of the circuit pattern of the upper layer etc. further. According to the above-mentioned semiconductor device manufacture approach, the semiconductor device which has a very detailed circuit pattern can be obtained with a sufficient throughput.

[0178] Moreover, in the aligner of each above-mentioned operation gestalt, the liquid crystal display component as a micro device can also be obtained by forming predetermined patterns (a circuit pattern, electrode pattern, etc.) on a plate (glass substrate). Hereafter, with reference to the flow chart of drawing 9, it explains per example of the technique at this time. In drawing 9, the so-called optical lithography process which carries out imprint exposure of the pattern of a mask at photosensitive substrates (glass substrate with which the resist was applied) is performed at the pattern formation process 401 using the aligner of each above-mentioned operation gestalt. Of this optical lithography process, the predetermined pattern containing many electrodes etc. is formed on a photosensitive substrate. Then, by passing through each process, such as a development process, an etching process, and a reticle exfoliation process, a predetermined pattern is formed on a substrate and the exposed substrate shifts to the following color filter formation process 402.

[0179] Next, in the color filter formation process 402, many groups of three dots corresponding to R (Red), G (Green), and B (Blue) are arranged in the shape of a matrix, or form the color filter which arranged the group of three filters, R, G, and B, of a stripe in the direction of two or more horizontal scanning line. And 403 is performed for a cel assembler after the color filter formation process 402. A cel assembler assembles a liquid crystal panel (liquid crystal cell) in 403 using the substrate which has the predetermined pattern obtained at the pattern formation process 401, the color filter obtained with the color filter formation process 402. In 403, a cel assembler pours in liquid crystal between the substrate which has the predetermined pattern obtained at the pattern formation process 401, for example, and the color filter obtained with the color filter formation process 402, and manufactures a liquid crystal panel (liquid crystal cell).

[0180] Then, a module assembler attaches each part articles in which the display action of the assembled liquid crystal panel (liquid crystal cell) is made to perform, such as an electrical circuit and a back light, and makes it complete as a liquid crystal display component in 404. According to the manufacture approach of an above-mentioned liquid crystal display component, the liquid crystal display component which has a very detailed circuit pattern can be obtained with a sufficient throughput.

[0181] In addition, with each above-mentioned operation gestalt, although the secondary light source of the

shape of the shape of 4 poles or zona orbicularis is formed in instantiation in deformation lighting, the secondary light source of the shape of the so-called shape of two or more poles and a multi-electrode like the secondary light source of the shape of 8 poles which consists of the secondary light source of the shape of 2 poles which consists of the two surface light sources which carried out eccentricity to the optical axis, and the eight surface light sources which carried out eccentricity to the optical axis can also be formed.

[0182] Moreover, although each above-mentioned operation gestalt explained this invention taking the case of the projection aligner equipped with illumination-light study equipment, it is clear that this invention is applicable to the common illumination-light study equipment for illuminating irradiated planes other than a mask.

[0183]

[Effect of the Invention] As explained above, in order to change whenever [incident angle / which met in the predetermined direction of the incoming beams to an optical integrator], with the illumination-light study equipment of this invention, it has the aspect ratio modification component which changes the aspect ratio of incoming beams. Therefore, lighting conditions which are mutually different in two directions in which the magnitude of the whole secondary light source can be changed along the predetermined direction, as a result it intersects perpendicularly on an irradiated plane according to an operation of this aspect ratio modification component are realizable.

[0184] Therefore, in the aligner incorporating the illumination-light study equipment of this invention, the optimal lighting conditions can be set up in two directions in which it intersects perpendicularly on the mask which has directivity in a pattern, and a good micro device can be manufactured under good lighting conditions. Furthermore, this invention can imprint the pattern of a mask correctly under suitable lighting conditions, can realize an aligner, the exposure approach, etc. of checking the optical-character ability of projection optics with high degree of accuracy on the occasion of imprinting the pattern of a mask correctly to coincidence, and can manufacture a still better micro device again.

[Translation done.]

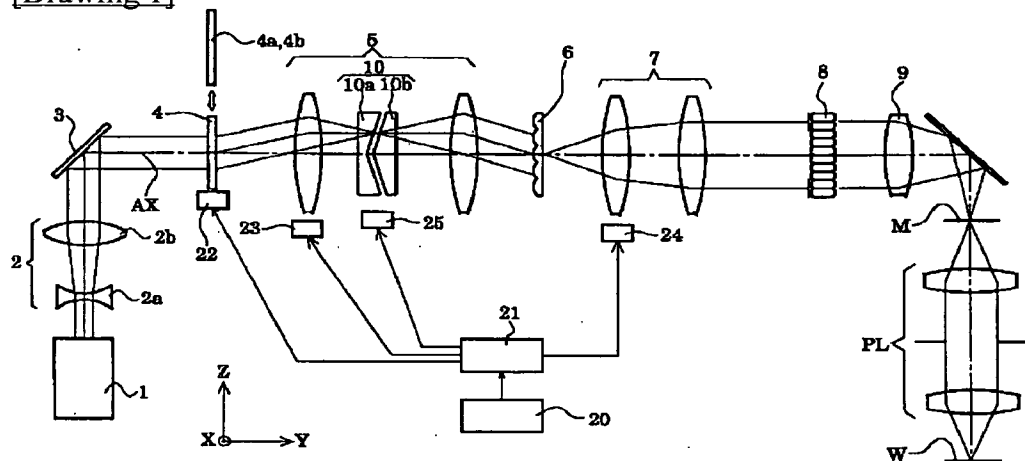
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

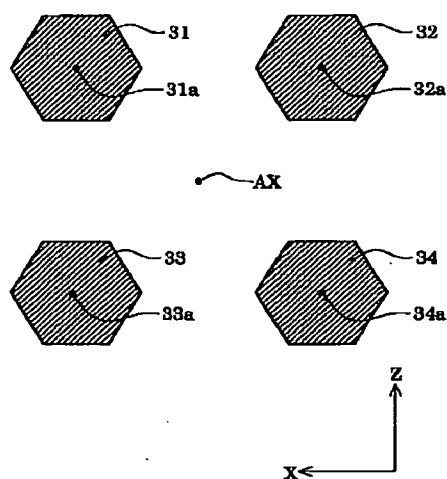
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

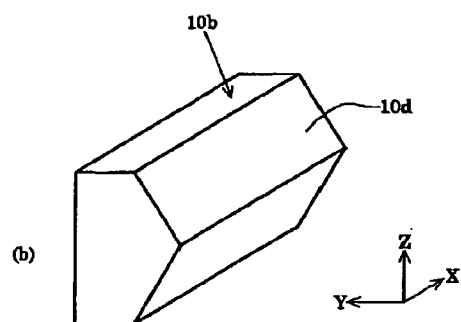
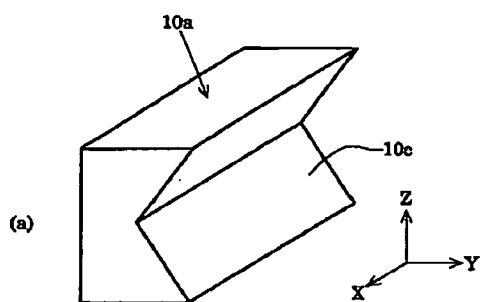
[Drawing 1]



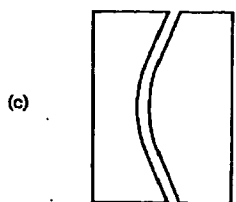
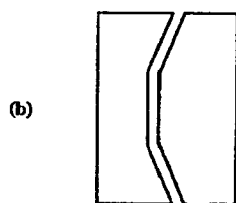
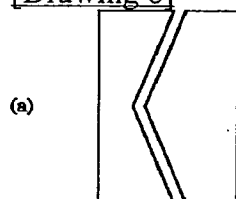
[Drawing 2]



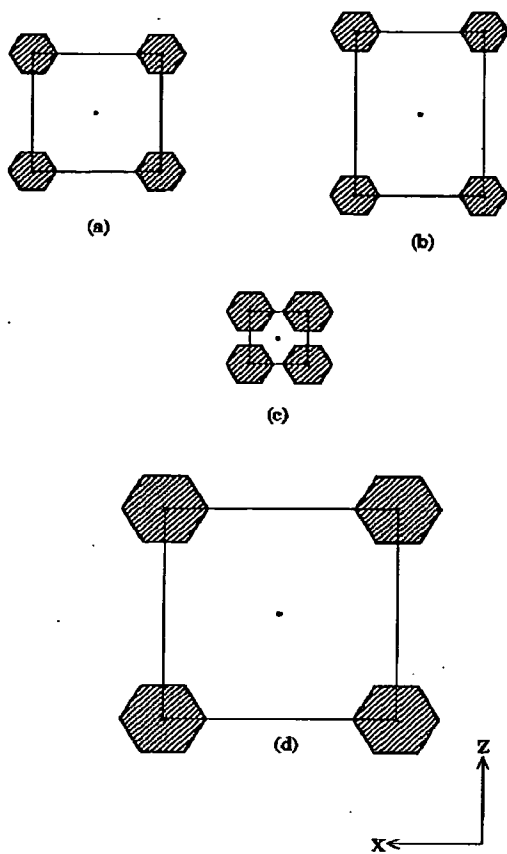
[Drawing 3]



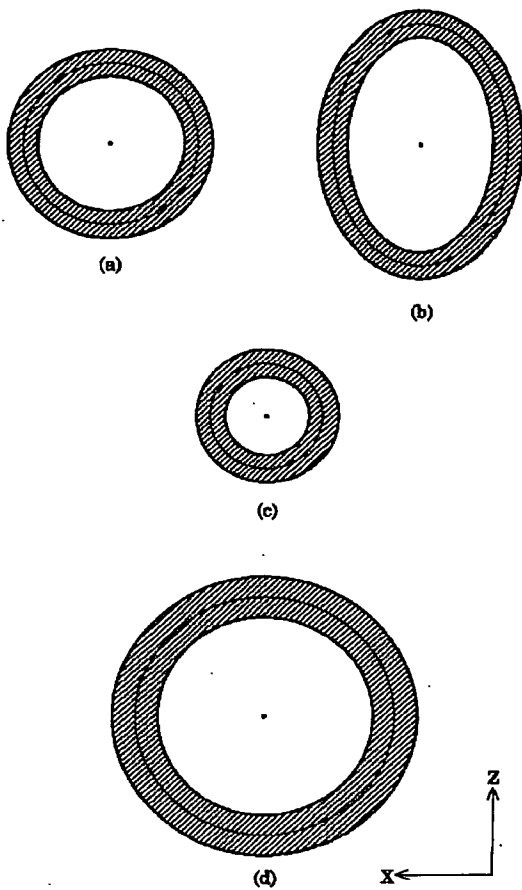
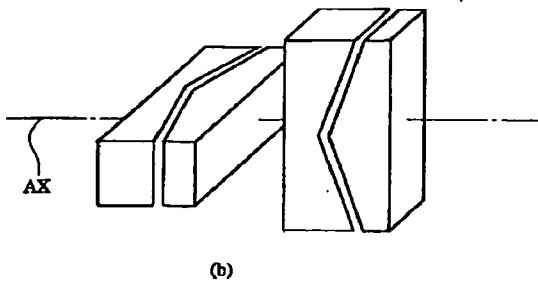
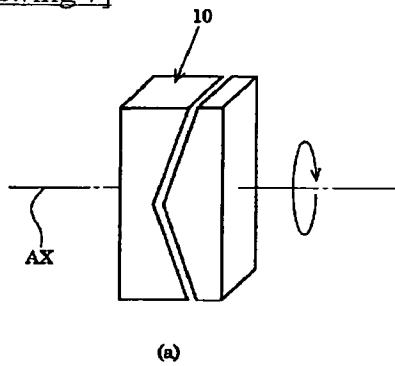
[Drawing 6]

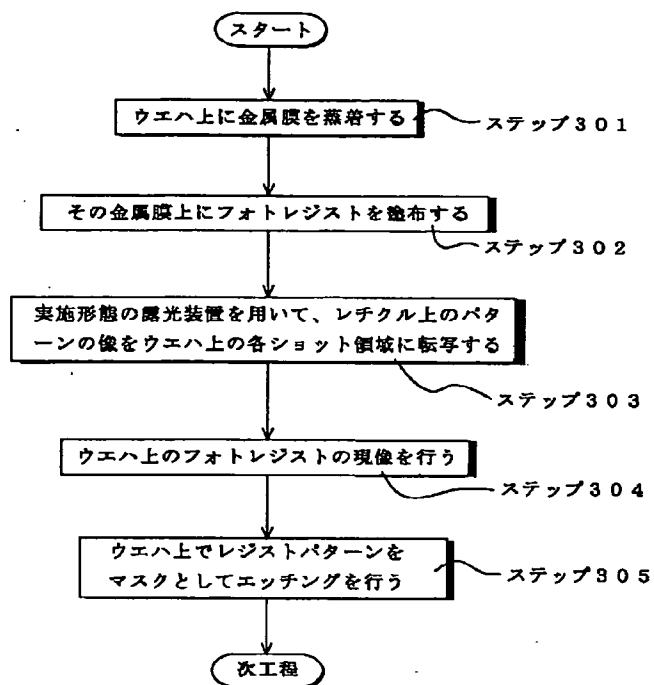


[Drawing 4]

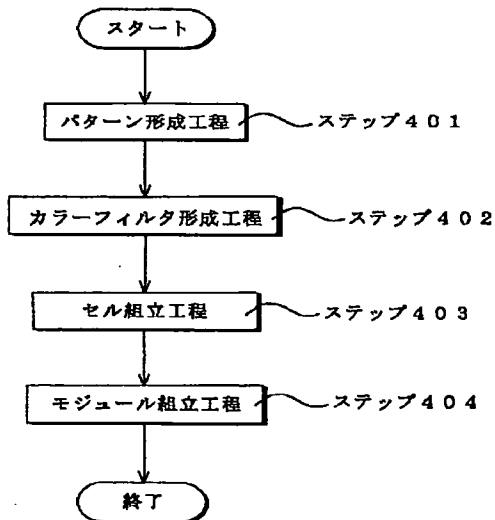


[Drawing 5]

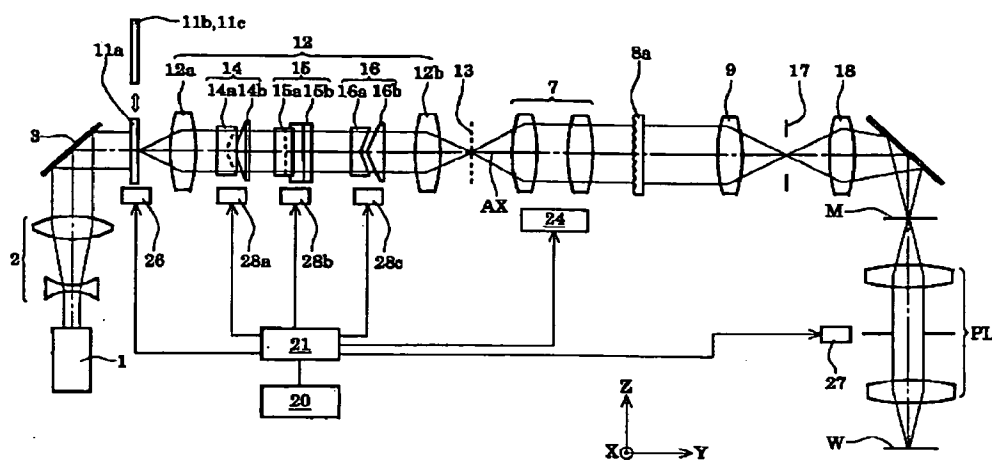
[Drawing 7][Drawing 8]



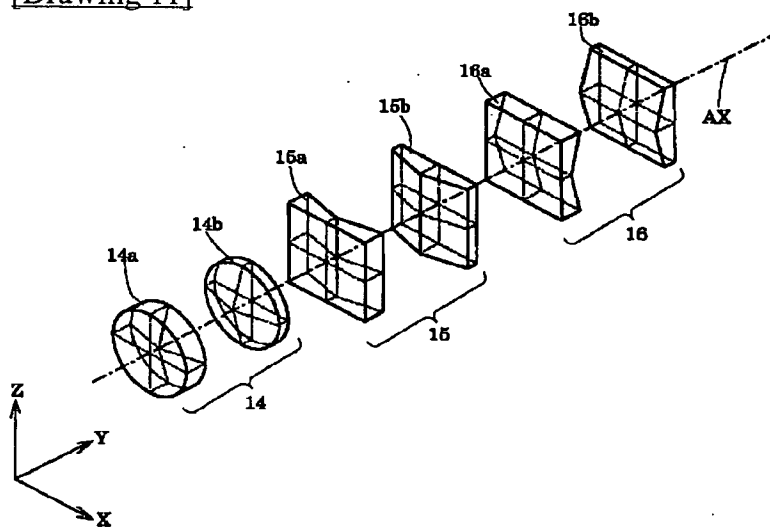
[Drawing 9]



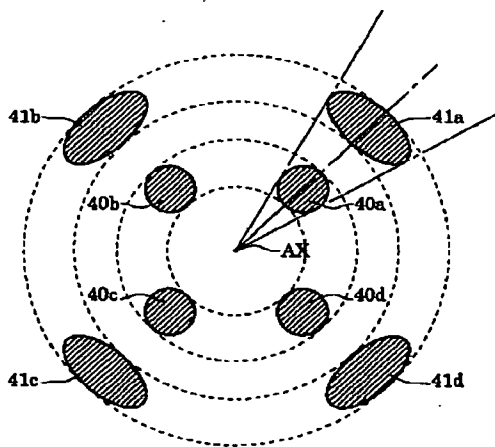
[Drawing 10]



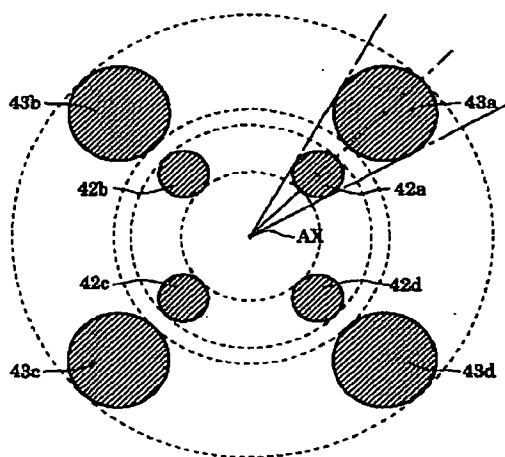
[Drawing 11]



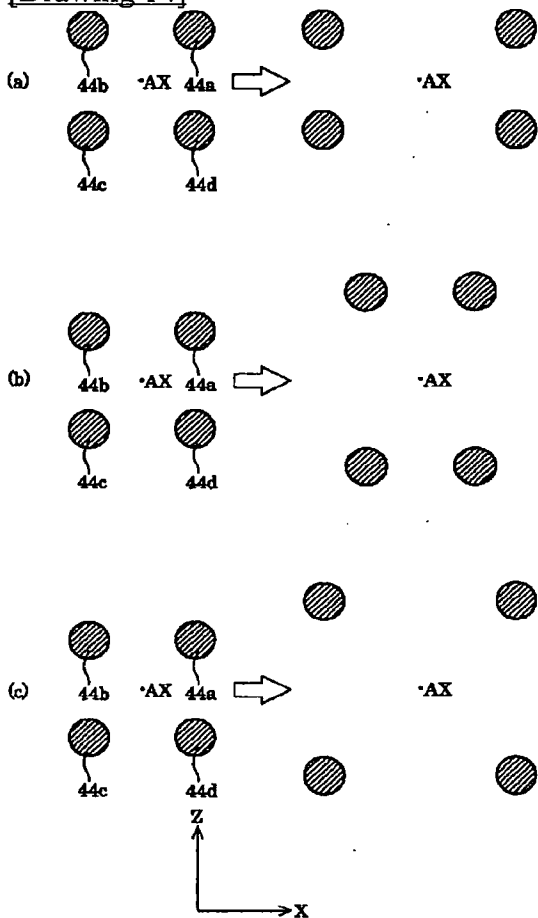
[Drawing 12]



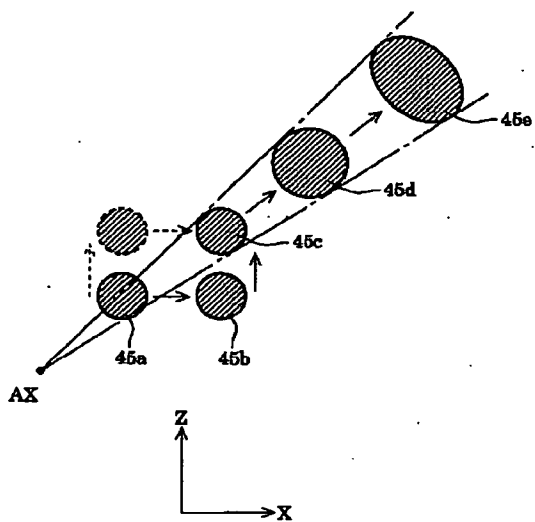
[Drawing 13]



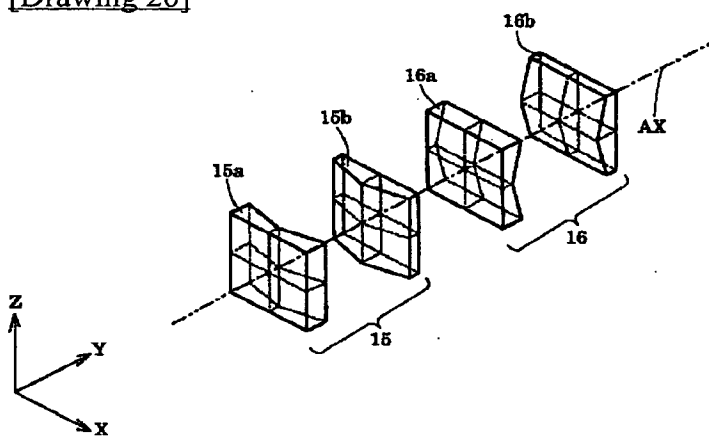
[Drawing 14]



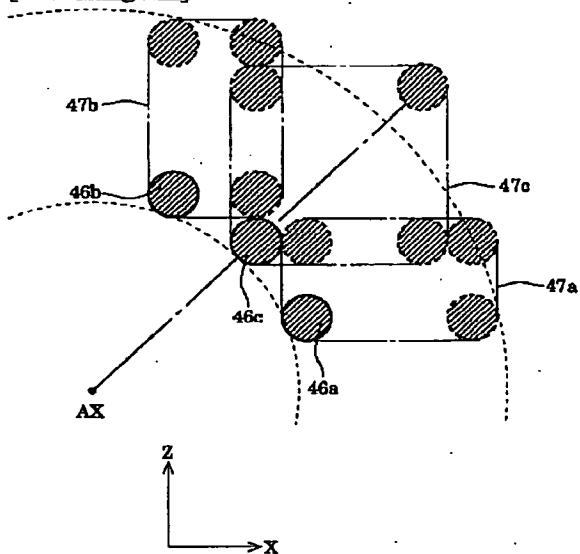
[Drawing 15]



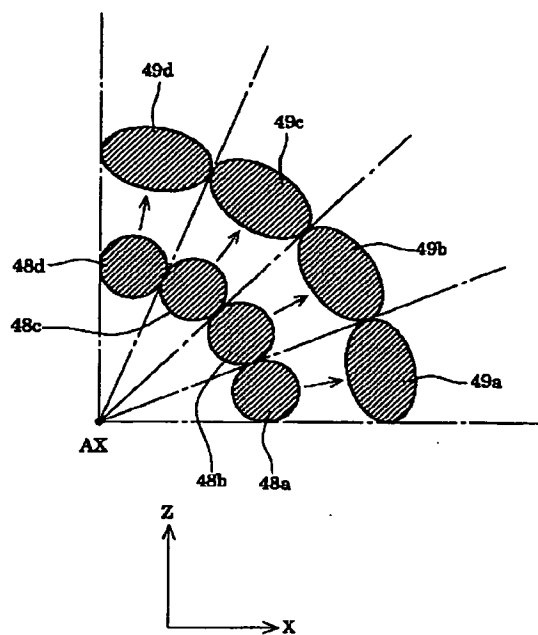
[Drawing 26]



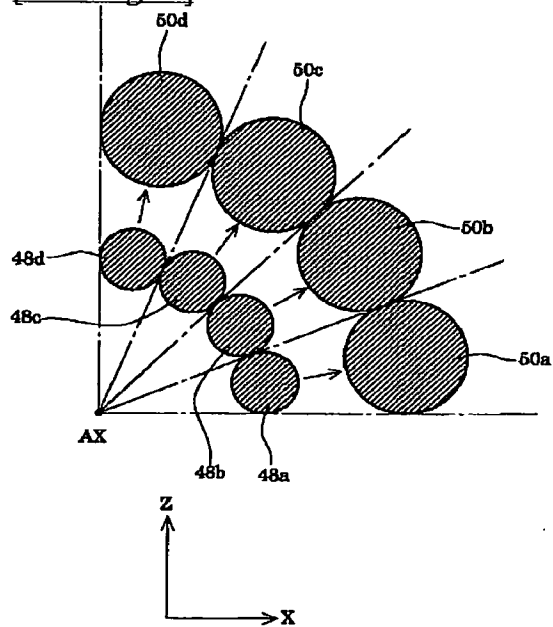
[Drawing 16]



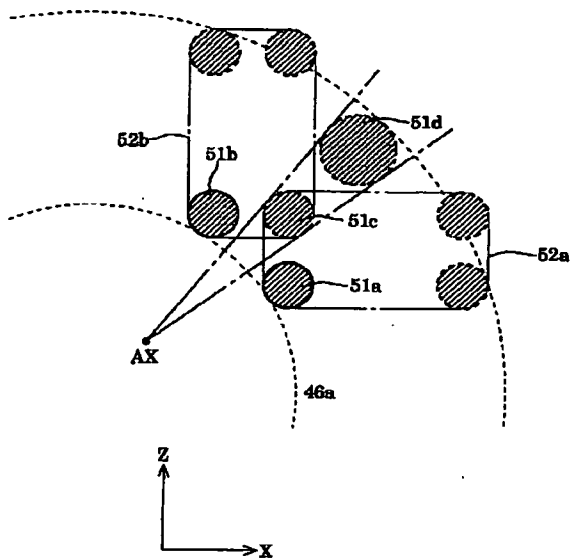
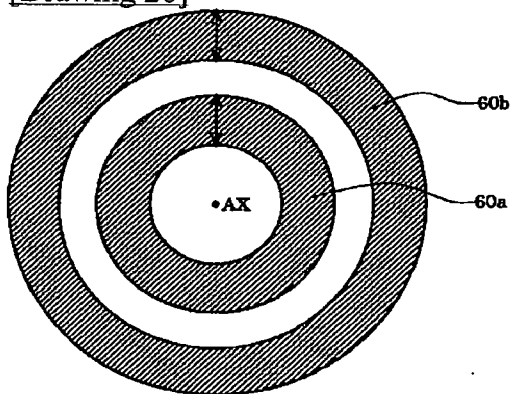
[Drawing 17]

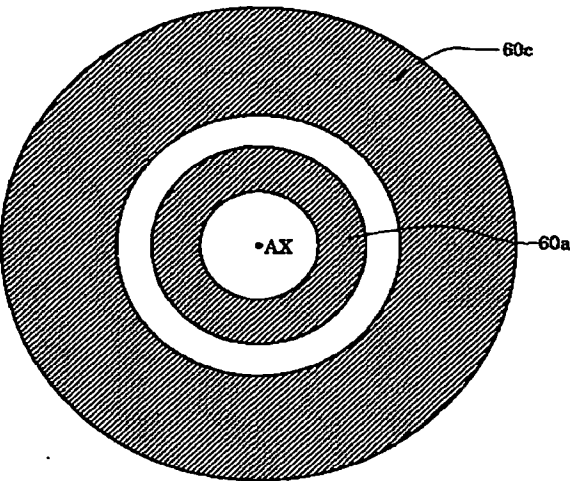


[Drawing 18]

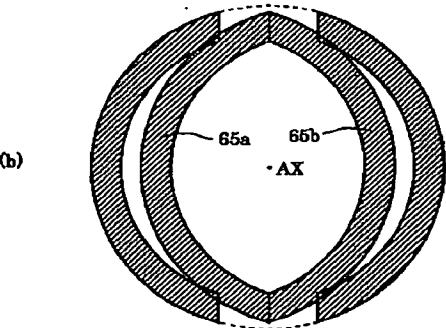
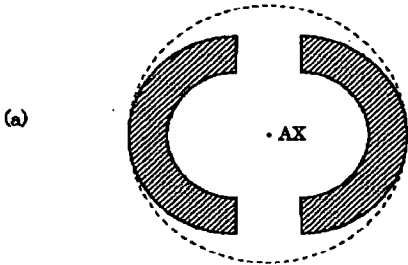


[Drawing 19]

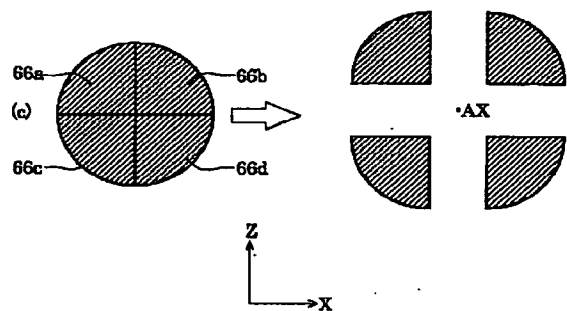
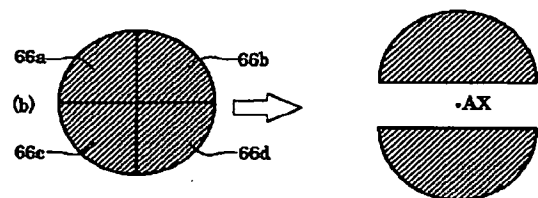
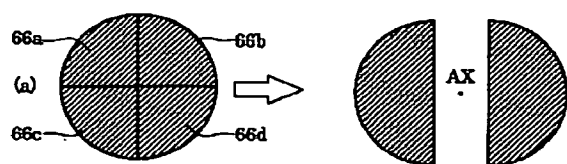
[Drawing 20][Drawing 21]



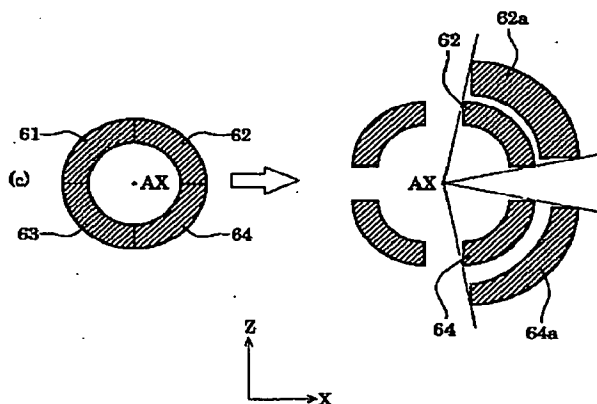
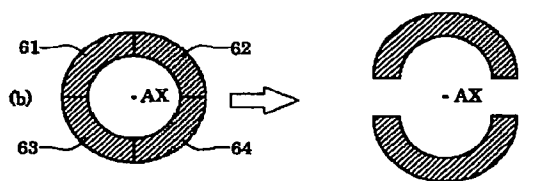
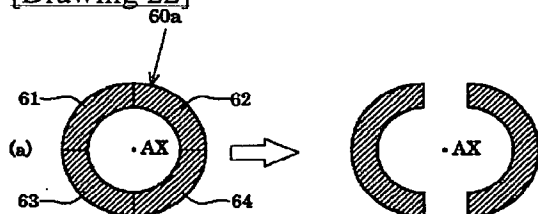
[Drawing 23]



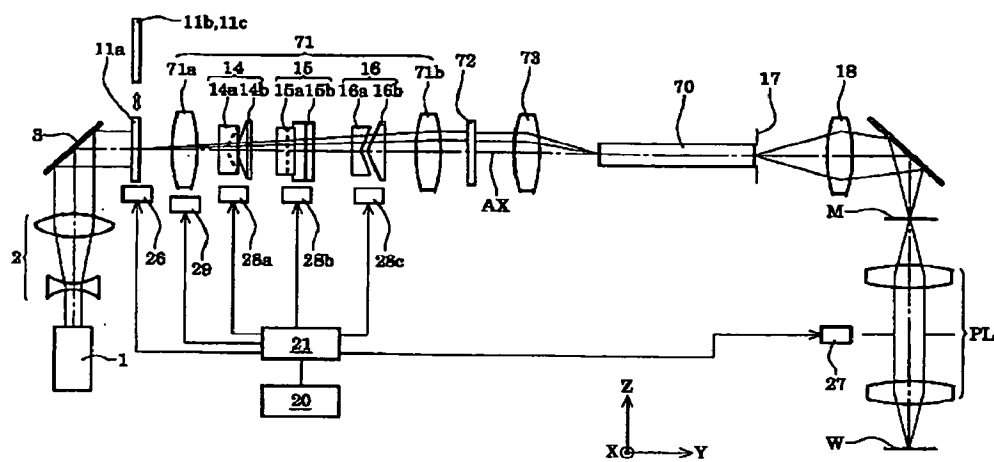
[Drawing 24]



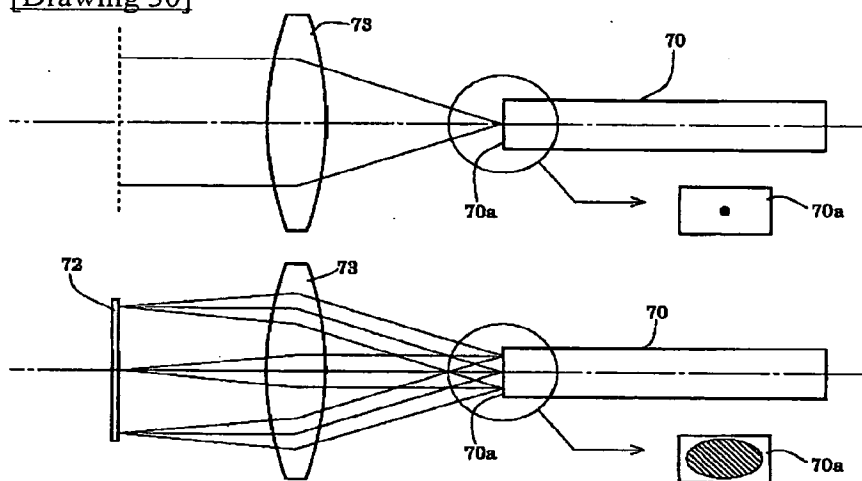
[Drawing 22]



http://www4.ipdl.ncipi.go.jp/cgi-bin/tran_web_cgi_ejje



[Drawing 30]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-231619

(P2002-231619A)

(43) 公開日 平成14年8月16日 (2002.8.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 3/00	A 2 H 0 4 2
G 0 2 B 3/00		5/04	F 2 H 0 5 2
5/04		19/00	5 F 0 4 6
19/00		G 0 3 F 7/20	5 2 1
G 0 3 F 7/20	5 2 1	H 0 1 L 21/30	5 1 5 D
		審査請求 未請求 請求項の数38 O L (全 35 頁)	

(21) 出願番号 特願2001-74240(P2001-74240)

(22) 出願日 平成13年3月15日 (2001.3.15)

(31) 優先権主張番号 特願2000-363225(P2000-363225)

(32) 優先日 平成12年11月29日 (2000.11.29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 谷津 修

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 渋谷 真人

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

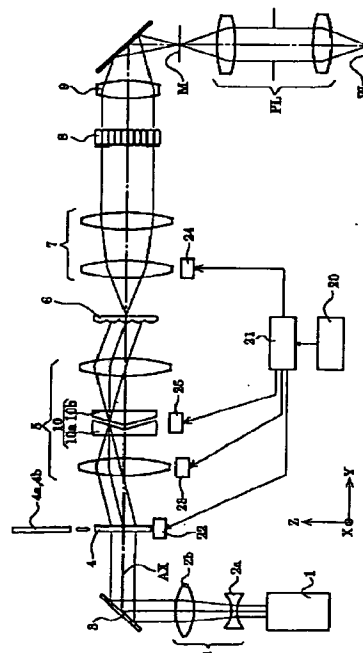
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することのできる照明光学装置。

【解決手段】 光源手段(1)からの光束に基づいて第1多数光源を形成するための第1オプティカルインテグレータ(6)と、第1多数光源からの光束に基づいてより多数の第2多数光源を形成するための第2オプティカルインテグレータ(8)との間の光路中に、第2多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系(7)が配置されている。また、第1オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子(10)を備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源手段からの光束に基づいて第1多数光源を形成するための第1オブティカルインテグレートと、前記第1多数光源からの光束に基づいてより多数の第2多数光源を形成するための第2オブティカルインテグレートとを備え、前記第2多数光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、前記第1オブティカルインテグレートと前記第2オブティカルインテグレートとの間の光路中に配置されて、前記第2多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系と、

前記第1オブティカルインテグレートへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】 光源手段からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオブティカルインテグレートと、該オブティカルインテグレートからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、前記光源手段からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子と、

前記光束変換素子と前記オブティカルインテグレートとの間の光路中に配置されて、前記オブティカルインテグレートへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項3】 前記縦横比変更素子は、光軸を中心として回転可能に構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の照明光学装置。

【請求項4】 前記縦横比変更素子は、前記オブティカルインテグレートまたは前記第1オブティカルインテグレートへの入射光束の第1方向に沿った入射角度を変化させるための第1縦横比変更素子と、前記オブティカルインテグレートまたは前記第1オブティカルインテグレートへの入射光束の前記第1方向と直交する第2方向に沿った入射角度を変化させるための第2縦横比変更素子とを有することを特徴とする請求項1または2に記載の照明光学装置。

【請求項5】 前記縦横比変更素子は、前記所定方向に沿って凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、該第1プリズムの前記凹状断面の屈折面と相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとを有し、前記第1プリズムおよび前記第2プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項6】 前記第1プリズムの前記凹状断面は、V字状の形状を有することを特徴とする請求項5に記載の照明光学装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか1項に記載の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板上に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項8】 請求項7に記載の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項9】 被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、

前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、

前記可変手段は、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位手段と、

前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位手段と、

前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系とを有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項10】 前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えていることを特徴とする請求項9に記載の照明光学装置。

【請求項11】 前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第1の光束形状に変換する第1回折光学部材と、該第1回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第2の光束形状に変換する第2回折光学部材とを有することを特徴とする請求項10に記載の照明光学装置。

【請求項12】 前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオブティカルインテグレートを備えていることを特徴とする請求項9乃至11のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項13】 マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、

前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含むことを特徴とする露光方

法。

【請求項 14】 前記照明工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含むことを特徴とする請求項 13 に記載の露光方法。

【請求項 15】 マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、
照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、
前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳において前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 16】 マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、
照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、
前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、

前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程と、前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、

前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、
前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含み、

前記第 2 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 17】 被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、

前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、

前記可変手段は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変手段と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位手段とを

有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項 18】 前記可変手段は、前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系を有することを特徴とする請求項 17 に記載の照明光学装置。

【請求項 19】 前記可変手段は、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位手段を有することを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の照明光学装置。

10 【請求項 20】 前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えていることを特徴とする請求項 17 乃至 19 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 21】 前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折光学部材と、該第 1 回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折光学部材とを有することを特徴とする請求項 20 に記載の照明光学装置。

20 【請求項 22】 前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオブティカルインテグレータを備えていることを特徴とする請求項 17 乃至 21 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置。

【請求項 23】 マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、
前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、

30 前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変工程を含み、

前記可変工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法。

40 【請求項 24】 前記可変工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含むことを特徴とする請求項 23 に記載の露光方法。

【請求項 25】 前記可変工程は、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程をさらに含むことを特徴とする請求項 23 または 24 に記載の露光方法。

【請求項 26】 前記照明工程は、前記可変工程の前に、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換する光形状変換工程をさらに含むことを特徴とする請求項 23 乃至 25 のいずれか 1 項に記載の露光方法。

【請求項 27】 前記光形状変換工程は、第 1 回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第 1 の光束形状に変換する第 1 回折工程と、前記第 1 回折光学部材と交換可能に設けられた第 2 回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第 2 の光束形状に変換する第 2 回折工程とを含むことを特徴とする請求項 26 に記載の露光方法。

【請求項 28】 前記照明工程は、前記可変工程の後に、オブティカルインテグレータを用いて前記被照明物体を均一に照明する均一照明工程を含むことを特徴とする請求項 23 乃至 27 のいずれか 1 項に記載の露光方法。

【請求項 29】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、

前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程と、前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、

前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、

前記第 2 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する所定方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 30】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 31】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、

前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、

前記変更工程は、前記照明光学系の第 1 照明条件を設定する第 1 設定工程、前記照明光学系の第 2 照明条件を設定する第 2 設定工程、および前記照明光学系の第 3 照明条件を設定する第 3 設定工程のうちの少なくとも 1 つを選択する選択工程を含み、

前記第 1 設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を

所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位

させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1

方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程とを含み、

前記第 2 設定工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前

記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、

前記第 3 設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第 1 方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を

変位させる第 1 変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記光軸を挟んで

対称に前記照明光を変位させる第 2 変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 32】 前記被照明物体としてのマスクを照明するための請求項 9 乃至 12 および請求項 17 乃至 22

のいずれか 1 項に記載の照明光学装置と、

前記マスクのパターン像を感光性基板に投影するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 33】 請求項 32 に記載の露光装置を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する露光

工程と、

前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 34】 請求項 13 乃至 16 および請求項 23 乃至 31 のいずれか 1 項に記載の露光方法を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 35】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、投影光学系を用いて前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程と、

前記投影光学系の光学特性を計測する計測工程とを含み、

前記照明工程は、前記投影工程を実行するのに際して照明条件としての σ 値を $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ の範囲に設定する露光条件設定工程と、

前記計測工程を実行するのに際して照明条件としての σ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲に設定する計測条件設定工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項36】 前記投影工程を実行するのに際して、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査工程をさらに含み、

前記照明工程は、長手方向と短手方向とを有する矩形形の照明領域を前記マスク上に形成する工程を含み、

前記照明領域の短手方向の長さ L_s 、前記照明領域の長手方向の長さを L_l とすると、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことを特徴とする請求項35に記載の露光方法。

【請求項37】 マスクのパターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記マスクを照明する照明光学系と、

前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影光学系とを備え、

前記照明光学系は、前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する際に、照明条件としての σ 値を $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ の範囲に設定すると共に、前記投影光学系の光学特性を計測する計測する際に、照明条件としての σ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲に設定する照明条件設定手段を有することを特徴とする露光装置。

【請求項38】 前記マスクのパターンを前記感光性基板に露光する際に、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査手段をさらに備え、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の短手方向の長さを L_s とし、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の長手方向の長さを L_l とすると、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことを特徴とする請求項37に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィー工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、オブティカルインテグレータとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。

【0003】コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を

介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】そこで、フライアイレンズの後側焦点面に円形状の二次光源を形成し、その大きさを変化させて照明のコヒーレンシ σ （ σ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径、あるいは σ 値＝照明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数）を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの後側焦点面に輪帯状や4極状の二次光源を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

【0005】しかしながら、上述のような従来技術では、円形状の二次光源に基づく通常の円形照明の場合も、輪帯状や4極状の二次光源に基づく変形照明（輪帯照明や4極照明）の場合も、被照射面であるマスク上の一点に入射する光束の断面形状がマスク上の直交する二方向に関して同じ位置関係にある。換言すると、従来技術では、被照射面上の直交する二方向で照明条件が同じである。その結果、マスクパターンに方向性がある場合、マスク上の直交する二方向で最適な照明条件を実現することができない。ところで、また、近年においては、適切な照明条件のもとでマスクのパターンを正確に転写することと、同時に、マスクのパターンを正確に転写するのに際して、投影光学系の光学性能を高精度で確認し得ることが切望されている。

【0006】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することのできる、照明光学装置および該照明光学装置を備えた露光装置を提供することを目的とする。また、本発明は、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することのできる露光装置を用いて、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することのできるマイクロデバイスの製造方法を提供することを目的とする。さらに、また、本発明は、適切な照明条件のもとでマスクのパターンを正確に転写することができ、同時に、マスクのパターンを正確に転写するのに際して、投影光学系の光学性能を高精度で確認し得る露光装置や露光方法等を提供することも目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、光源手段からの光束に基づいて第1多数光源を形成するための第1オブティカルインテグレータと、前記第1多数光源からの光束に基づいてより多数の第2多数光源を形成するための第2オブティカルインテグレータとを備え、前記第2多数光源から

の光束で被照射面を照明する照明光学装置において、前記第1オプティカルインテグレータと前記第2オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記第2多数光源の全体の大きさを相似的に変更するための変倍光学系と、前記第1オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0008】本発明の第2発明では、光源手段からの光束に基づいて多数光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、該オプティカルインテグレータからの光束を被照射面へ導くための導光光学系とを備えた照明光学装置において、前記光源手段からの光束を所定の断面形状を有する光束または所定の光強度分布を有する光束に変換するための光束変換素子と、前記光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記オプティカルインテグレータへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために前記入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0009】第1発明または第2発明の好ましい態様によれば、前記縦横比変更素子は、光軸を中心として回転可能に構成されている。あるいは、前記縦横比変更素子は、前記オプティカルインテグレータまたは前記第1オプティカルインテグレータへの入射光束の第1方向に沿った入射角度を変化させるための第1縦横比変更素子と、前記オプティカルインテグレータまたは前記第1オプティカルインテグレータへの入射光束の前記第1方向と直交する第2方向に沿った入射角度を変化させるための第2縦横比変更素子とを有することが好ましい。

【0010】また、第1発明の好ましい態様によれば、前記縦横比変更素子は、前記所定方向に沿って凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、該第1プリズムの前記凹状断面の屈折面と相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとを有し、前記第1プリズムおよび前記第2プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されている。この場合、前記第1プリズムの前記凹状断面は、V字状の形状を有することが好ましい。

【0011】本発明の第3発明では、第1発明または第2発明の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板上に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0012】本発明の第4発明では、第3発明の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

【0013】本発明の第5発明では、被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、前記可変手段は、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位手段と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位手段と、前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系とを有することを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0014】第5発明の好ましい態様によれば、前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えている。この場合、前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第1の光束形状に変換する第1回折光学部材と、該第1回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第2の光束形状に変換する第2回折光学部材とを有することが好ましい。また、前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオプティカルインテグレータを備えていることが好ましい。

【0015】本発明の第6発明では、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。この場合、前記照明工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含むことが好ましい。

【0016】本発明の第7発明では、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳において前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0017】本発明の第8発明では、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、照明光学系

を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、前記変更工程は、前記照明光学系の第1照明条件を設定する第1設定工程と、前記照明光学系の第2照明条件を設定する第2設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、前記第1設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を輪帯状に変換する作用を付与する輪帯作用付与工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含み、前記第2設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0018】本発明の第9発明では、被照明物体を照明する照明光学系を備えた照明光学装置において、前記照明光学系は、該照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変手段を備え、前記可変手段は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変手段と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位手段とを有することを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0019】第9発明の好ましい態様によれば、前記可変手段は、前記照明光の大きさを可変とする変倍光学系を有する。また、前記可変手段は、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位手段を有することが好ましい。さらに、前記照明光学系は、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換し、該所望の光束形状に変換された照明光を前記可変手段へ導く光形状変換手段を備えていることが好ましい。この場合、前記光形状変換手段は、前記照明光の形状を第1の光束形状に変換する第1回折光学部材と、該第1回折光学部材と交換可能に設けられて前記照明光の形状を第2の光束形状に変換する第2回折光学部材とを有することが好ましい。また、前記照明光学系は、前記可変手段と前記被照明物体との間の光路中に配置されて前記被照明物体を均一に照明するオブティカルインテグレータを備えていることが好ましい。

【0020】本発明の第10発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マス

クのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状のうちの少なくとも一方を可変とする可変工程を含み、前記可変工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

10 【0021】第10発明の好ましい態様によれば、前記可変工程は、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程をさらに含む。また、前記可変工程は、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程をさらに含むことが好ましい。さらに、前記照明工程は、前記可変工程の前に、前記照明光の形状を所望の光束形状に変換する光形状変換工程をさらに含むことが好ましい。この場合、前記光形状変換工程は、第1回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第1の光束形状に変換する第1回折工程と、前記第1回折光学部材と交換可能に設けられた第2回折光学部材を用いて前記照明光の形状を第2の光束形状に変換する第2回折工程とを含むことが好ましい。また、前記照明工程は、前記可変工程の後に、オブティカルインテグレータを用いて前記被照明物体を均一に照明する均一照明工程を含むことが好ましい。

20 【0022】本発明の第11発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、前記変更工程は、前記照明光学系の第1照明条件を設定する第1設定工程と、前記照明光学系の第2照明条件を設定する第2設定工程との少なくとも一方を選択する選択工程を含み、前記第1設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、前記第2設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する所定方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

40 【0023】本発明の第12発明では、マスクのパターンを感光性基板に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する

第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0024】本発明の第13発明では、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程とを含み、前記照明工程は、前記マスクに対する照明条件を変更する変更工程を含み、前記変更工程は、前記照明光学系の第1照明条件を設定する第1設定工程、前記照明光学系の第2照明条件を設定する第2設定工程、および前記照明光学系の第3照明条件を設定する第3設定工程のうちの少なくとも1つを選択する選択工程を含み、前記第1設定工程は、前記照明光学系の瞳での照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程とを含み、前記第2設定工程は、前記照明光を所望の輪帯比を持つ輪帯状に変換する作用を付与する輪帯比可変工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含み、前記第3設定工程は、前記照明光学系の光軸と直交する第1方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第1変位工程と、前記光軸と直交し且つ前記第1方向と交差する第2方向に沿って前記光軸を挟んで対称に前記照明光を変位させる第2変位工程と、前記照明光の大きさを可変とする変倍工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0025】本発明の第14発明では、前記被照明物体としてのマスクを照明するための第5発明または第9発明に記載の照明光学装置と、前記マスクのパターン像を感光性基板上に投影するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。本発明の第15発明では、第14発明の露光装置を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。本発明の第16発明では、第6発明～第8発明または第10発明～第13発明の露光方法を用いて前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

【0026】本発明の第17発明では、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光方法において、照明光学系を介して前記マスクを照明する照明工程と、投影光学

系を用いて前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影工程と、前記投影光学系の光学特性を計測する計測工程とを含み、前記照明工程は、前記投影工程を実行するのに際して照明条件としての σ 値を $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ の範囲に設定する露光条件設定工程と、前記計測工程を実行するのに際して照明条件としての σ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲に設定する計測条件設定工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。この場合、前記投影工程を実行するのに際して、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査工程をさらに含み、前記照明工程は、長手方向と短手方向とを有する矩形の照明領域を前記マスク上に形成する工程を含み、前記照明領域の短手方向の長さ L_s 、前記照明領域の長手方向の長さを L_l とすると、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことが好ましい。

【0027】本発明の第18発明では、マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光装置において、前記マスクを照明する照明光学系と、前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に投影する投影光学系とを備え、前記照明光学系は、前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する際に、照明条件としての σ 値を $0.4 \leq \sigma \leq 0.95$ の範囲に設定すると共に、前記投影光学系の光学特性を計測する計測する際に、照明条件としての σ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲に設定する照明条件設定手段を有することを特徴とする露光装置を提供する。この場合、前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する際に、前記マスクと前記感光性基板とを走査方向に沿って移動させる走査手段をさらに備え、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の短手方向の長さを L_s とし、前記照明光学系により前記マスクに形成される前記照明領域の長手方向の長さを L_l とすると、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことが好ましい。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明の典型的な実施形態においては、たとえば回折光学素子のような光束変換素子により、光源手段からの光束を4極状や輪帯状の光束に変換する。この4極状や輪帯状の光束は、所定の光学系により集光され、光軸に対して斜め方向から、マイクロフライアイレンズまたはマイクロレンズアレイ（以下、「マイクロフライアイ」という）のような第1オブティカルインテグレータへ入射する。こうして、マイクロフライアイにより第1多数光源が形成される。第1多数光源からの光束は、所定の光学系を介した後、フライアイレンズのような第2オブティカルインテグレータにより、第2多数光源すなわち4極状や輪帯状の二次光源を形成する。

【0029】本発明では、マイクロフライアイへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために、

入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を備えている。縦横比変更素子は、たとえば所定方向に沿ってV字状の凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、この第1プリズムのV字状の凹状断面の屈折面と相補的に形成されたV字状の凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとを有する。そして、第1プリズムおよび第2プリズムのうち少なくともいずれか一方が光軸に沿って移動可能に構成されている。

【0030】したがって、第1プリズムの凹状屈折面と第2プリズムのV字状の凸状屈折面との間隔を変化させると、4極状や輪帯状の二次光源の全体の大きさが所定方向に沿って変化する。その結果、本発明の照明光学装置では、被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することができる。したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができ、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。

【0031】本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハ面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハ面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。なお、図1では、照明光学装置が4極照明を行うように設定されている。

【0032】図1の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源1として、たとえば248nm（KrF）または193nm（ArF）の波長の光を供給するエキシマレーザー光源を備えている。光源1からZ方向に沿って射出されたほぼ平行光束は、X方向に沿って細長く延びた矩形状の断面を有し、一対のレンズ2aおよび2bからなるビームエキスパンダー2に入射する。各レンズ2aおよび2bは、図1の紙面内（YZ平面内）において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダー2に入射した光束は、図1の紙面内において拡大され、所定の矩形状の断面を有する光束に整形される。

【0033】整形光学系としてのビームエキスパンダー2を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラー3でY方向に偏向された後、4極照明用の回折光学素子（DOE）4に入射する。一般に、回折光学素子は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。4極照明用の回折光学素子4に入射した光束は、光軸AXを中心として等角度で特定の4つの方向に沿って回折され、4つの光束すなわち4極状の光束となる。このように、回折光学素子4は、光源1からの光束を4極状の光束に変換するための

光束変換素子を構成している。

【0034】なお、回折光学素子4は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、輪帯照明用の回折光学素子4aや通常円形照明用の回折光学素子4bと切り換え可能に構成されている。輪帯照明用の回折光学素子4aおよび通常円形照明用の回折光学素子4bの構成および作用については後述する。ここで、4極照明用の回折光学素子4と輪帯照明用の回折光学素子4aと通常円形照明用の回折光学素子4bとの間の切り換えは、制御系21からの指令に基づいて動作する第1駆動系22により行われる。

【0035】回折光学素子4を介して形成された4極状の光束は、アフォーカルズームレンズ（変倍リレー光学系）5に入射し、瞳面に4つの点像（点状の光源）を形成する。この4つの点像からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルズームレンズ5から射出され、マイクロフライアイ6に入射する。なお、アフォーカルズームレンズ5は、回折光学素子4とマイクロフライアイ6の入射面とを光学的にほぼ共役な関係に維持し、且つアフォーカル系（無焦点光学系）を維持しながら、所定の範囲で倍率を連続的に変化させることができるように構成されている。ここで、アフォーカルズームレンズ5の倍率変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第2駆動系23により行われる。

【0036】こうして、マイクロフライアイ6の入射面には、光軸AXに対してほぼ対称に斜め方向から光束が入射する。マイクロフライアイ6は、稠密に且つ縦横に配列された多数の正六角形状の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロフライアイは、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

【0037】ここで、マイクロフライアイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロフライアイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズが互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロフライアイはフライアイレンズと同じである。なお、図1では、図面の明瞭化のために、マイクロフライアイ6を構成する微小レンズの数を実際よりも非常に少なく表している。

【0038】したがって、マイクロフライアイ6に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、各微小レンズの後側焦点面にはそれぞれ1つの点状の光源が形成される。このように、マイクロフライアイ6は、光源1からの光束に基づいて多数の光源からなる第1多数光源を形成するための第1オブティカルインテグレータを構成している。

【0039】マイクロフライアイ6の後側焦点面に形成された多数の光源からの光束は、ズームレンズ（変倍光学系）7を介して、第2オブティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ8を重畳的に照明する。なお、ズームレンズ7は、所定の範囲で焦点距離を連続的に変化させることのできる σ 値可変用の変倍光学系であって、マイクロフライアイ6の後側焦点面とフライアイレンズ8の後側焦点面とを光学的にほぼ共役に結んでいる。換言すると、ズームレンズ7は、マイクロフライアイ6の後側焦点面とフライアイレンズ8の入射面とを実質的にフーリエ交換の関係に結んでいる。

【0040】したがって、マイクロフライアイ6の後側焦点面に形成された多数の4点状の光源からの光束は、ズームレンズ7の後側焦点面に、ひいてはフライアイレンズ8の入射面に、光軸AXに対して対称的に偏心した4つの照野からなる4極状の照野を形成する。この4極状の照野の大きさは、ズームレンズ7の焦点距離に依存して変化する。なお、ズームレンズ7の焦点距離の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第3駆動系24により行われる。

【0041】フライアイレンズ8は、正の屈折力を有する多数のレンズエレメントを稠密に且つ縦横に配列することによって構成されている。なお、フライアイレンズ8を構成する各レンズエレメントは、マスク上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状の断面を有する。また、フライアイレンズ8を構成する各レンズエレメントの入射側の面は入射側に凸面を向けた球面状に形成され、射出側の面は射出側に凸面を向けた球面状に形成されている。したがって、フライアイレンズ8に入射した光束は多数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、光束が入射した各レンズエレメントの後側焦点面には多数の光源がそれぞれ形成される。

【0042】こうして、図2に示すように、フライアイレンズ8の後側焦点面には、フライアイレンズ8への入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXに対して対称的に偏心した4つの実質的な面光源31～34からなる4極状の二次光源が形成される。このように、フライアイレンズ8は、第1オブティカルインテグレータであるマイクロフライアイ6の後側焦点面に形成された第1多数光源からの光束に基づいてより多数の光源からなる第2多数光源を形成するための第2オブティカルインテグレータを構成している。

【0043】フライアイレンズ8の後側焦点面に形成された4極状の二次光源からの光束は、必要に応じて4極状の光透過部を有する開口絞りを介して制限された後、コンデンサー光学系9の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスクMを重畳的に照明する。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介

して、感光性基板であるウェハW上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面（XY平面）内においてウェハWを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。

【0044】なお、一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は正方形に近い矩形状であり、フライアイレンズ8の各レンズエレメントの断面形状も正方形に近い矩形状となる。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながらウェハの各露光領域に対してマスクパターンをスキャン露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は短辺と長辺との比がたとえば1:3の矩形状であり、フライアイレンズ8の各レンズエレメントの断面形状もこれと相似な矩形状となる。

【0045】図2を再び参照すると、フライアイレンズ8の後側焦点面に形成される4極状の二次光源は、4つの正六角形状の面光源31～34から構成されている。ここで、各面光源の中心31a～34aは光軸AXから同じ距離だけ離れており、4つの中心31a～34aを結んで形成される四角形は、光軸AXを中心としてX方向およびZ方向に平行な辺を有する正方形である。すなわち、フライアイレンズ8により形成される4極状の二次光源は、X方向およびZ方向に関して同じ位置関係にある。

【0046】したがって、被照射面であるマスクM上の任意の一点に入射する光束の断面形状も、X方向およびZ方向に関して同じ位置関係を有する4極状になる。換言すると、マスクM上の直交する二方向（X方向およびY方向）で照明条件が同じになる。そこで、第1実施形態では、マスクM上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現するために、アフォーカルズームレンズ5の光路中に、一対のプリズム10aおよび10bからなるV溝アキシコン10を配置している。

【0047】図3は、アフォーカルズームレンズの光路中に配置されたV溝アキシコン系（以下、単に「V溝アキシコン」という）を構成する一対のプリズムの構成を概略的に示す図である。図1および図3に示すように、V溝アキシコン10は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つ被照射面側に凹状の屈折面を向けた第1プリズム10aと、被照射面側に平面を向け且つ光源側に凸状の屈折面を向けた第2プリズム10bとから構成されている。第1プリズム10aの凹状屈折面10cは、X方向に平行な2つの平面から構成され、Z方向に沿ってV字状の凸状断面を有する。

【0048】第2プリズム10bの凸状屈折面10d

は、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと互いに当接可能なように、換言すると第1プリズム10aの凹状屈折面10cと相補的に形成されている。すなわち、第2プリズム10bの凹状屈折面10dは、X方向に平行な2つの平面から構成され、Z方向に沿ってV字状の凹状断面を有する。また、第1プリズム10aおよび第2プリズム10bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔が可変に構成されている。

【0049】なお、V溝アキシコン10の間隔の変化、すなわち凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する第4駆動系25により行われる。また、制御系21には、ステップ・アンド・リピート方式またはステップ・アンド・スキャン方式にしたがって順次露光すべき各種のマスクに関する情報などがキーボードなどの入力手段20を介して入力される。

【0050】ここで、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと第2プリズム10bの凸状屈折面10dとが互いに当接している状態では、V溝アキシコン10は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム10aの凹状屈折面10cと第2プリズム10bの凸状屈折面10dとを離間させると、V溝アキシコン10はX方向に沿って平行平板として機能するが、Z方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。

【0051】したがって、凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとの間隔の変化に伴って、マイクロフライアイ6への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化しないが、マイクロフライアイ6への入射光束のY方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図2における各面光源31～34の中心31a～34aは、X方向には移動しないがZ方向に移動する。このように、V溝アキシコン10は、マイクロフライアイ6への入射光束のY方向に沿った入射角度を変化させるために入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を構成している。

【0052】図4は、V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が4極状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。図4(a)に示すように、V溝アキシコン10の間隔が零のとき、すなわち凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとが互いに当接しているとき、4極状の二次光源を構成する各面光源はX方向およびZ方向に関して同じ位置関係に形成される。そして、V溝アキシコン10の間隔を零から所定の大きさに変化させると、図4(b)に示すように、各面光源はその形状および大きさを変えることなくZ方向に移動し、各面光源の中心のX方向に沿った間隔は変化しないがZ方向に沿った間隔は拡大する。

【0053】また、V溝アキシコン10の間隔が零の状

態において、アフォーカルズームレンズ5の倍率の変化させると、図4(c)に示すように、各面光源はその形状および大きさを変えることなくX方向およびZ方向に同じ距離だけ移動し、各面光源の間隔は拡大または縮小する。さらに、V溝アキシコン10の間隔が零の状態において、ズームレンズ7の焦点距離の変化させると、図4(d)に示すように、4極状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、各面光源はその形状を変えることなくその大きさが拡大または縮小するとともに、各面光源がX方向およびZ方向に同じ距離だけ移動する。なお、レーザー照射によるプリズム部材10aおよび10bの劣化を回避するために、アフォーカルズームレンズ5の光路中において4つの点像が形成される集光点から間隔を隔ててプリズム部材10aおよび10bを配置することが好ましい。

【0054】ところで、前述したように、回折光学素子4は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ輪帯照明用の回折光学素子4aや通常円形照明用の回折光学素子4bと切り換え可能に構成されている。以下、回折光学素子4に代えて回折光学素子4aを照明光路中に設定することによって得られる輪帯照明について簡単に説明する。

【0055】4極照明用の回折光学素子4に代えて輪帯照明用の回折光学素子4aを照明光路中に設定すると、回折光学素子4aを介して輪帯状の光束が形成される。回折光学素子4aを介して形成された輪帯状の光束は、アフォーカルズームレンズ5に入射し、瞳面にリング状の像(リング状の光源)を形成する。このリング状の像からの光は、ほぼ平行光束となってアフォーカルズームレンズ5から射出され、マイクロフライアイ6の後側焦点面に第1多数光源を形成する。

【0056】マイクロフライアイ6により形成された第1多数光源からの光束は、ズームレンズ7を介してフライアイレンズ8の入射面に、光軸AXを中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、フライアイレンズ8の後側焦点面には、入射面に形成された照野とほぼ同じ光強度を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした輪帯状の二次光源が形成される。

【0057】図5は、V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が輪帯状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。図5(a)に示すように、V溝アキシコン10の間隔が零のとき、すなわち凹状屈折面10cと凸状屈折面10dとが互いに当接しているとき、輪帯状の二次光源を構成する各面光源はX方向およびZ方向に関して同じ位置関係に形成される。そして、V溝アキシコン10の間隔を零から所定の大きさに変化させると、図5(b)に示すように、輪帯状の二次光源はその幅を変えることなく、輪帯状の二次光源の全体の大きさがZ方向に拡大し、Z方向に延びた楕円環

状の二次光源となる。

【0058】また、V溝アキシコン10の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ5の倍率の変化させると、図5(c)に示すように、輪帯状の二次光源はその幅を変えることなく、その外径(大きさ)が拡大または縮小する。さらに、V溝アキシコン10の間隔が零の状態において、ズームレンズ7の焦点距離の変化させると、図5(d)に示すように、輪帯状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、輪帯状の二次光源の幅および外径がともに拡大または縮小する。

【0059】次いで、回折光学素子4または4aに代えて円形照明用の回折光学素子4bを照明光路中に設定することによって得られる通常円形照明について説明する。円形照明用の回折光学素子4bは、入射した矩形状の光束を円形状の光束に変換する機能を有する。したがって、回折光学素子4bにより形成された円形状の光束は、アフォーカルズームレンズ5によりその倍率に応じて拡大または縮小され、マイクロフライアイ6に入射する。

【0060】こうして、マイクロフライアイ6の後側焦点面には、第1多数光源が形成される。マイクロフライアイ6の後側焦点面に形成された第1多数光源からの光束は、ズームレンズ7を介して、フライアイレンズ8の入射面において光軸AXを中心とした円形状の照野を形成する。その結果、フライアイレンズ8の後側焦点面にも、光軸AXを中心とした円形状の二次光源が形成される。

【0061】この場合、V溝アキシコン10の間隔を零から所定の大きさに変化させると、円形状の二次光源はZ方向に拡大し、Z方向に延びた楕円状の二次光源となる。また、V溝アキシコン10の間隔が零の状態において、アフォーカルズームレンズ5の倍率の変化させるか、あるいはズームレンズ7の焦点距離の変化させると、円形状の二次光源の全体が相似的に拡大または縮小する。すなわち、円形状の二次光源の外径(大きさ)が拡大または縮小する。

【0062】以上のように、第1実施形態では、V溝アキシコン10の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさがX方向には変化することなくZ方向に変化する。その結果、マスクM上の直交する二方向(X方向およびY方向)で互いに異なる照明条件を実現することができ、ひいてはパターンに方向性があるマスクM上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができる。

【0063】なお、上述の説明では、図6(a)に示すように、V字状の凹状断面を有する第1プリズムとV字状の凸状断面を有する第2プリズムとでV溝アキシコン10を構成している。しかしながら、これに限定されることなく、図6(b)に示すように、V字状の凹状断面

および凸状断面の頂点近傍を光軸AXに垂直な平面状に形成することもできる。また、輪帯照明または円形照明において外形が比較的円滑な楕円環状の二次光源または楕円状の二次光源を得るには、図6(c)に示すように、V字状の凹状断面および凸状断面の頂点近傍を円筒形状に形成することが好ましい。

【0064】また、上述の説明では、V溝アキシコン10の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさをX方向には変化させることなくZ方向に変化させている。しかしながら、図7(a)に示すように、V溝アキシコン10を光軸AXを中心として回転可能に構成することにより、二次光源の全体の大きさを所望の方向(たとえばX方向など)に変化させることもできる。

【0065】また、図7(b)に示すように、作用方向が互いに直交する2組のV溝アキシコンを配置することにより、二次光源の全体の大きさをX方向およびZ方向にそれぞれ独立に変化させることもできる。この場合、2組のV溝アキシコンを一体的にあるいは独立に光軸AXを中心として回転可能に構成することにより、二次光源の全体の大きさを任意の直交する二方向または任意の二方向にそれぞれ独立に変化させることもできる。

【0066】なお、上述の第1実施形態においては、光束変換素子としての回折光学素子4、4aおよび4bを、たとえばターレット方式で、あるいは公知のスライド機構を利用して、照明光路中に位置決めするように構成することができる。

【0067】また、上述の第1実施形態では、マイクロフライアイ6を構成する微小レンズの形状を正六角形に設定している。これは、円形状の微小レンズでは、稠密に配列を行うことができず光量損失が発生するため、円形に近い多角形として正六角形を選定しているからである。しかしながら、マイクロフライアイ6を構成する各微小レンズの形状はこれに限定されることなく、たとえば矩形を含む他の適当な形状を用いることができる。

【0068】さらに、上述の第1実施形態では、通常の円形照明を行う際に回折光学素子4bを照明光路中に位置決めしているが、この回折光学素子4bの使用を省略することもできる。また、上述の第1実施形態では、光束変換素子として回折光学素子を用いているが、これに限定されることなく、たとえばマイクロフライアイや微小プリズムアレイなどを用いることもできる。ところで、本発明で利用することのできる回折光学素子に関する詳細な説明は、米国特許第5,850,300号公報などに開示されている。

【0069】また、上述の第1実施形態においては、二次光源からの光をコンデンサー光学系9によって集光して重疊的にマスクMを照明する構成としているが、コンデンサー光学系9とマスクMとの間に、照明視野絞り(マスクブラインド)と、この照明視野絞りの像をマスクM上に形成するリレー光学系とを配置しても良い。こ

の場合、コンデンサー光学系9は、二次光源からの光を集光して重畳的に照明視野絞りを照明することになり、リレー光学系は、照明視野絞りの開口部（光透過部）の像をマスクM上に形成することになる。

【0070】さらに、上述の第1実施形態においては、フライアイレンズ8を、複数の要素レンズを集積して形成しているが、これらをマイクロフライアイとすることも可能である。マイクロフライアイは、前述したように、光透過性基板にエッチングなどの手法により複数の微小レンズ面をマトリックス状に設けたものである。複数の光源像を形成する点に関して、フライアイレンズとマイクロフライアイとの間に機能上の差異は実質的には無いが、1つの要素レンズ（微小レンズ）の開口の大きさを極めて小さくできること、製造コストを大幅に削減できること、光軸方向の厚みを非常に薄くできることなどの点で、マイクロフライアイが有利である。

【0071】図10は、本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第2実施形態は、第1実施形態と類似の構成を有するが、折り曲げミラー3とズームレンズ7との間の構成、フライアイレンズ8に代えてマイクロフライアイ（マイクロレンズアレイ）8aが用いられていること、およびコンデンサー光学系9とマスクMとの間の構成が第1実施形態と基本的に相違している。以下、第1実施形態との相違点に着目して、第2実施形態を説明する。なお、図10では、照明光学装置が4極照明を行うように設定されている。

【0072】第2実施形態では、光源1から射出されたほぼ平行光束が、ビームエキスパンダー2および折り曲げミラー3を介して、4極照明用の回折光学素子11aに入射する。回折光学素子11aは、矩形形状の断面を有する平行光束が入射した場合、そのファースト（フラウンホーファー回折領域）において4極状の光強度分布を形成する機能を有する。4極照明用の回折光学素子11aは、照明光路に対して揮脱自在に構成され、輪帯照明用の回折光学素子11bや円形照明用の回折光学素子11cと切り換え可能に構成されている。

【0073】具体的には、回折光学素子11aは、光軸AXに平行な所定の軸線回りに回転可能なターレット基板（回転板：図10では不図示）上に支持されている。ターレット基板には、特性の異なる複数の4極照明用の回折光学素子11a、特性の異なる複数の輪帯照明用の回折光学素子11b、および特性の異なる複数の円形照明用の回折光学素子11cが円周方向に沿って設けられている。また、ターレット基板は、その中心点を通り光軸AXに平行な軸線回りに回転可能に構成されている。

【0074】したがって、ターレット基板を回転させることにより、多数の回折光学素子11a～11cから選択された所望の回折光学素子を照明光路中に位置決めすることが可能である。なお、ターレット基板の回転（ひいて

は回折光学素子11aと11bと11cとの間の切り換え）は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系26により行われる。ただし、ターレット方式に限定されることなく、たとえば周知のスライド方式により回折光学素子11aと11bと11cとの間の切り換えを行うこともできる。

【0075】光形状変換手段としての回折光学素子11aを介した光束は、アフォーカルレンズ（リレー光学系）12に入射する。アフォーカルレンズ12は、その前側焦点位置と回折光学素子11aの位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面13の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。ここで、所定面13の位置は、第1実施形態においてマイクロフライアイ6が設置されている位置に対応している。

【0076】したがって、回折光学素子11aに入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ12の瞳面に4極状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ12から射出される。なお、アフォーカルレンズ12の前側レンズ群12aと後側レンズ群12bとの間の光路中には、光源側から順に、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、および第2V溝アキシコン16が配置されているが、その詳細な構成および作用については後述する。以下、説明を簡単にするために、これらのアキシコン14～16の作用を無視して、第2実施形態の基本的な構成および作用を説明する。

【0077】アフォーカルレンズ12を介した光束は、 σ 値可変用のズームレンズ（変倍光学系）7を介して、オブティカルインテグレータとしてのマイクロフライアイ8aに入射する。なお、 σ 値とは、投影光学系PLの瞳の大きさ（直径）をR1とし、投影光学系PLの瞳に形成される照明光束または光源像の大きさ（直径）をR2とし、投影光学系PLのマスク（レチクル）M側の開口数をNAoとし、マスク（レチクル）Mを照明する照明光学系の開口数をNAiとすると、 $\sigma = NAi / NAo = R2 / R1$ として定義される。但し、輪帯照明の場合、R2は投影光学系PLの瞳に形成される輪帯状の照明光束または輪帯状の光源像の外径であり、NAiは照明光学系の瞳に形成される輪帯光束の外径によって定められる開口数である。また、4極照明等の多極照明の場合、R2は投影光学系PLの瞳に形成される多極状の照明光束または多極状の光源像に外接する円の大きさまたは直径であり、NAiは照明光学系の瞳に形成される多極状の照明光束に外接する円の大きさまたは直径によって定められる開口数である。また、輪帯照明の場合、輪帯比とは、輪帯状の照明光束の外径をRo、輪帯状の照明光束の内径をRiとすると、 Ri / Ro で定義される。

【0078】なお、所定面13の位置はズームレンズ7

の前側焦点位置の近傍に配置され、マイクロフライアイ8aの入射面はズームレンズ7の後側焦点位置の近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ7は、所定面13とマイクロフライアイ8aの入射面とを實質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ12の瞳面とマイクロフライアイ8aの入射面とを光学的にはば共役に配置している。したがって、第1実施形態におけるフライアイレンズ8と同様の機能を有するマイクロフライアイ8aの入射面上には、アフォーカルレンズ12の瞳面と同様に、たとえば光軸AXに対して偏心した4つの照野からなる4極状の照野を形成する。ここで、4極状の照野を構成する各照野の形状は回折光学素子11aの特性に依存するが、ここでは4つの円形状の照野からなる4極状の照野が形成されるものとする。この4極状の照野の全体形状は、ズームレンズ7の焦点距離に依存して相似的变化する。

【0079】マイクロフライアイ8aを構成する各微小レンズは、マスクM上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハW上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状の断面を有する。マイクロフライアイ8aに入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面（ひいては照明光学系の瞳）にはマイクロフライアイ8aへの入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXに対して偏心した4つの円形状の實質的な面光源からなる4極状の二次光源が形成される。

【0080】マイクロフライアイ8aの後側焦点面に形成された4極状の二次光源からの光束は、コンデンサー光学系9の集光作用を受けた後、照明視野絞りとしてのマスクブラインド17を重疊的に照明する。マスクブラインド17の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系18の集光作用を受けた後、マスクMを重疊的に照明する。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、ウェハW上にマスクパターンの像を形成する。投影光学系PLの入射瞳面には投影光学系PLの開口数を規定するための可変開口絞りが設けられ、この可変開口絞りの駆動は制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系27により行われる。

【0081】図11は、第2実施形態においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された3つのアキシコン系（以下、単に「アキシコン」という）の構成を概略的に示す斜視図である。第2実施形態では、図11に示すように、アフォーカルレンズ12の前側レンズ群12aと後側レンズ群12bとの間の光路中に、光源側から順に、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、および第2V溝アキシコン16が配置されている。

【0082】円錐アキシコン14は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つマスク側に凹円錐状の屈折面を

向けた第1プリズム部材14aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第2プリズム部材14bとから構成されている。そして、第1プリズム部材14aの凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材14bの凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に形成されている。

【0083】また、第1プリズム部材14aおよび第2プリズム部材14bのうち少なくとも一方の部材が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材14aの凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材14bの凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。円錐アキシコン14の間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系28aにより行われる。

【0084】ここで、第1プリズム部材14aの凹円錐状屈折面と第2プリズム部材14bの凸円錐状屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン14は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム部材14aの凹円錐状屈折面と第2プリズム部材14bの凸円錐状屈折面とを離間させると、円錐アキシコン14は、いわゆるビームエキスパンダーとして機能する。したがって、円錐アキシコン14の間隔の変化に伴って、所定面13への入射光束の角度は変化する。

【0085】また、第1V溝アキシコン15は、光源側に平面を向け且つマスク側に凹状で且つV字状の屈折面を向けた第1プリズム部材15aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つV字状の屈折面を向けた第2プリズム部材15bとから構成されている。第1プリズム部材15aの凹状屈折面は2つの平面から構成され、その交線はZ方向に沿って延びている。第2プリズム部材15bの凸状屈折面は、第1プリズム部材15aの凹状屈折面と互いに当接可能なように、換言すると第1プリズム部材15aの凹状屈折面と相補的に形成されている。

【0086】すなわち、第2プリズム部材15bの凸状屈折面も2つの平面から構成され、その交線はZ方向に沿って延びている。また、第1プリズム部材15aおよび第2プリズム部材15bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材15aの凹状屈折面と第2プリズム部材15bの凸状屈折面との間隔が可変に構成されている。第1V溝アキシコン15の間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系28bにより行われる。

【0087】さらに、第2V溝アキシコン16は、光源側に平面を向け且つマスク側に凹状でV字状の屈折面を向けた第1プリズム部材16aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つV字状の屈折面を向けた第2プリズム部材16bとから構成されている。第1プリズム部材16aの凹状屈折面は2つの平面から構成され、その交線はX方向に沿って延びている。第2プリズム部

材16bの凸状屈折面は、第1プリズム部材16aの凹状屈折面と相補的に形成されている。すなわち、第2プリズム部材16bの凸状屈折面も2つの平面から構成され、その交線はX方向に沿って延びている。

【0088】また、第1プリズム部材16aおよび第2プリズム部材16bのうち少なくとも一方が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材16aの凹状屈折面と第2プリズム部材16bの凸状屈折面との間隔が可変に構成されている。第2V溝アキシコン16の間隔の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系28cにより行われる。

【0089】ここで、対向する凹状屈折面と凸状屈折面とが互いに当接している状態では、第1V溝アキシコン15および第2V溝アキシコン16は平行平板として機能し、形成される4極状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1V溝アキシコン15は、凹状屈折面と凸状屈折面とを離間させると、Z方向に沿って平行平板として機能するが、X方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。また、第2V溝アキシコン16は、凹状屈折面と凸状屈折面とを離間させると、X方向に沿って平行平板として機能するが、Z方向に沿ってビームエキスパンダーとして機能する。

【0090】図12は、第2実施形態の4極照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。第2実施形態の4極照明では、円錐アキシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させることにより、4極状の二次光源を構成する円形状の各面光源40a~40dが光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動するとともに、その形状が円形状から楕円形状に変化する。すなわち、変化前の円形状の各面光源40a~40dの中心点と変化後の楕円形状の各面光源41a~41dの中心点とを結ぶ線分は光軸AXを通り、中心点の移動距離は円錐アキシコン14の間隔に依存する。

【0091】さらに、変化前の円形状の各面光源40a~40dを光軸AXから見込む角度（光軸AXから各面光源40a~40dへの一対の接線がなす角度）と、変化後の楕円形状の各面光源41a~41dを光軸AXから見込む角度とが等しい。そして、変化前の円形状の各面光源40a~40dの直径と、変化後の楕円形状の各面光源41a~41dの光軸AXを中心とした円の径方向に沿った短径とが等しい。なお、変化後の楕円形状の各面光源41a~41dの光軸AXを中心とした円の周方向に沿った長径の大きさは、変化前の円形状の各面光源40a~40dの直径と円錐アキシコン14の間隔とに依存する。

【0092】したがって、円錐アキシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させると、4つの円形状の面光源から構成される4極状の二次光源が、4つの楕円形状の面光源から構成される4極状の二次光源に変化し、変

化前の二次光源の幅を変化させることなく、その外径および輪帯比を変更することができる。ここで、4極状の二次光源の幅は、4つの面光源に外接する円の直径すなわち外径と4つの面光源に内接する円の直径すなわち内径との差の1/2として規定される。また、4極状の二次光源の輪帯比は、外径に対する内径の比（内径/外径）として規定される。

【0093】図13は、第2実施形態の4極照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。第2実施形態の4極照明では、ズームレンズ7の焦点距離が変化すると、4つの円形状の面光源42a~42dから構成される4極状の二次光源の全体形状が相似的に変化する。すなわち、4極状の二次光源を構成する円形状の各面光源42a~42dが、円形状を維持したまま光軸AXを中心とした円の径方向に沿って移動する。

【0094】そして、変化前の各面光源42a~42dの中心点と変化後の各面光源43a~43dの中心点とを結ぶ線分は光軸AXを通り、中心点の移動距離および移動の向きはズームレンズ7の焦点距離の変化に依存する。また、変化前の各面光源42a~42dを光軸AXから見込む角度と、変化後の各面光源43a~43dを光軸AXから見込む角度とが等しい。こうして、ズームレンズ7の焦点距離を変化させることにより、4極状の二次光源の輪帯比を変化させることなくその外径だけを変更することができる。

【0095】図14は、第2実施形態の4極照明において形成される二次光源に対する第1V溝アキシコンおよび第2V溝アキシコンの作用を説明する図である。第1V溝アキシコン15の間隔の変化に伴って、所定面13への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図14(a)に示すように、4つの円形状の面光源44a~44dは、Z方向には移動しないが、その形状および大きさを維持したままX方向に移動する。すなわち、第1V溝アキシコン15の間隔が零から所定の値まで拡大すると、面光源44bおよび44cは-X方向に移動し、面光源44aおよび44dは+X方向に移動する。

【0096】一方、第2V溝アキシコン16の間隔の変化に伴って、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面13への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図14(b)に示すように、4つの円形状の面光源44a~44dは、X方向には移動しないが、その形状および大きさを維持したままZ方向に移動する。すなわち、第2V溝アキシコン16の間隔が零から所定の値まで拡大すると、面光源44aおよび44bは+Z方向に移動し、面光源44cおよび44dは-Z方向に移動する。

【0097】さらに、第1V溝アキシコン15の間隔お

および第2 V溝アキシコン16の間隔がともに変化すると、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度およびZ方向に沿った入射角度はともに変化する。その結果、図14(c)に示すように、各面光源44a~44dは、その形状および大きさを維持したままZ方向およびX方向に移動する。すなわち、第1 V溝アキシコン15の間隔および第2 V溝アキシコン16の間隔がともに零から所定の値まで拡大すると、面光源44aは+Z方向および+X方向に移動し、面光源44bは+Z方向および-X方向に移動し、面光源44cは-Z方向および-X方向に移動し、面光源44dは-Z方向および+X方向に移動する。

【0098】以上のように、円錐アキシコン14は、照明光学系の瞳（マイクロファイアイ8aの後側焦点面）での照明光の輪帯比を可変とする輪帯比可変手段を構成している。ズームレンズ7は、照明光学系の瞳での照明光の大きさを可変とする変倍光学系を構成している。第1 V溝アキシコン15は、照明光学系の瞳においてX方向に沿って光軸AXを挟んで対称に照明光を変位させる第1変位手段を構成している。第2 V溝アキシコン16は、照明光学系の瞳においてZ方向に沿って光軸AXを挟んで対称に照明光を変位させる第2変位手段を構成している。そして、円錐アキシコン14、第1 V溝アキシコン15、第2 V溝アキシコン16、およびズームレンズ7は、照明光学系の瞳での照明光の大きさおよび形状を可変とする可変手段を構成している。

【0099】図15は、第2実施形態の4極照明において形成される円形状の各面光源に対する円錐アキシコン、ズームレンズ、第1 V溝アキシコンおよび第2 V溝アキシコンの作用を説明する図である。図15では、円錐アキシコン14、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の間隔がともに零で且つズームレンズ7の焦点距離が最小値に設定された状態（以下、「標準状態」という）で形成される最も小さい4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源45aに着目している。

【0100】この標準状態で、第1 V溝アキシコン15の間隔を零から所定の値まで拡大させると、面光源45aはその形状および大きさを維持したままX方向に沿って移動し、参照符合45bで示す位置に達する。次いで、第2 V溝アキシコン16の間隔を零から所定の値まで拡大させると、面光源45bはその形状および大きさを維持したままZ方向に沿って移動し、参照符合45cで示す位置に達する。

【0101】また、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値まで拡大させると、円形状の面光源45cはその円形状を維持したまま拡大するとともに光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、参照符合45dで示す位置に達する。さらに、必要に応じて円錐アキシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させ

ると、円形状の面光源45dは円形状から拡大した楕円形状へ変化するとともに光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、参照符合45eで示す位置に達する。

【0102】なお、第2 V溝アキシコン16の間隔を零から所定の値まで拡大させた後に第1 V溝アキシコン15の間隔を零から所定の値まで拡大させても、面光源45aはその形状および大きさを維持したまま参照符合45cで示す位置に達する。同様に、最終的に得られる面光源の位置、形状および大きさは、円錐アキシコン14、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の間隔の変化並びにズームレンズ7の焦点距離の変化に依存し、その変化の順序には依存しない。

【0103】こうして、円錐アキシコン14、第1 V溝アキシコン15、第2 V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用により、4極状の二次光源を構成する各面光源の位置を広範囲に亘って移動させることができ、且つその形状および大きさを所定の範囲に亘って変化させることができる。しかしながら、実際には、円錐アキシコン14や第1 V溝アキシコン15や第2 V溝アキシコン16による各面光源の移動比率（すなわち移動先の面光源の座標位置に対する移動元の面光源の座標位置）には光学設計上の制約があり、各面光源の移動範囲には制限がある。

【0104】そこで、第2実施形態では、4極照明用の回折光学素子11aとして、特性の異なる3種類の回折光学素子を備えている。図16は、第2実施形態において特性の異なる3種類の4極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源およびその移動範囲について説明する図である。図16においても図15と同様に、標準状態で形成される最も小さい4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源46に着目している。

【0105】第2実施形態では、第1の4極照明用回折光学素子により、4つの面光源の中心点を結んで形成される四角形がX方向に沿って細長い長方形になるような4極状の二次光源、すなわち図14(a)の右側に示すような4極状の二次光源が形成される。第1の4極照明用回折光学素子を介して形成された4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源46aは、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の作用により、参照符号47aで示す矩形の範囲内で移動する。

【0106】一方、第2の4極照明用回折光学素子により、4つの面光源の中心点を結んで形成される四角形がZ方向に沿って細長い長方形になるような4極状の二次光源、すなわち図14(b)の右側に示すような4極状の二次光源が形成される。第2の4極照明用回折光学素子を介して形成された4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源46bは、第1

V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の作用により、参照符号47bで示す矩形形状の範囲内で移動する。

【0107】さらに、第3の4極照明用回折光学素子により、4つの面光源の中心点を結んで形成される四角形が正方形になるような4極状の二次光源、すなわち図14(c)の右側(あるいは図14(a)~(c)の左側)に示すような4極状の二次光源が形成される。第3の4極照明用回折光学素子を介して形成された4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源46cは、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の作用により、参照符号47cで示す矩形形状の範囲内で移動する。

【0108】こうして、第2実施形態では、第1 V溝アキシコン15や第2 V溝アキシコン16による各面光源の移動比率(ひいてはその移動範囲)が光学設計の観点からある程度制限される場合であっても、特性の異なる3種類の4極照明用回折光学素子を併用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において各面光源の位置を自在に移動させることができる。なお、図16では図示を省略したが、円錐アキシコン14およびズームレンズ7の作用により、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを所望の状態に適宜変更することもできる。

【0109】また、第2実施形態の第1変形例では、4極照明用の回折光学素子11aとして、特性の異なる4種類の回折光学素子を備えている。図17および図18は、第2実施形態の第1変形例において特性の異なる4種類の4極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。図17および図18においても図15および図16と同様に、標準状態で形成される最も小さい4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源48に着目している。

【0110】第2実施形態の第1変形例では、図17および図18に示すように、光軸AXを中心とした円とX軸に平行な線分とZ軸に平行な線分とで規定される四半円領域が光軸AXを通る3つの線分によって4つの扇形領域に分割され、4種類の4極照明用回折光学素子によってそれぞれ形成される円形状の各面光源48a~48dの中心が各扇形領域内に位置するように設定されている。すなわち、第1の回折光学素子により面光源48aが形成され、第2の回折光学素子により面光源48bが形成され、第3の回折光学素子により面光源48cが形成され、第4の回折光学素子により面光源48dが形成されるように設定されている。

【0111】以下、説明の簡単のために、四半円領域が4つの扇形領域に等分割され、各面光源48a~48dが互いに接するように光軸AXを中心とした円の周方向に沿って配置されているものとする。この場合、円錐ア

キシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させると、図17に示すように、各面光源48a~48dはその形状が円形状から拡大した楕円形状へ変化するとともにその中心位置が光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、それぞれ参照符号49a~49dで示す位置に達する。

【0112】また、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値まで拡大させると、図18に示すように、各面光源48a~48dはその円形状を維持したまま拡大するとともに、その中心位置が光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、それぞれ参照符号50a~50dで示す位置に達する。こうして、第2実施形態の第1変形例では、特性の異なる4種類の4極照明用回折光学素子を併用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において各面光源の位置、形状および大きさを自在に変化させることができる。

【0113】なお、図17および図18では各面光源48a~48dが互いに接するように配置しているが、各面光源48a~48dが互いに間隔を隔てるように配置することもできる。いずれの場合も、円錐アキシコン14、第1 V溝アキシコン15、第2 V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用により、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを所望の状態に適宜変更することができる。

【0114】さらに、第2実施形態の第2変形例では、4極照明用の回折光学素子11aとして、特性の異なる2種類の回折光学素子を備えている。図19は、第2実施形態の第2変形例において特性の異なる2種類の4極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。図19においても図15~図18と同様に、標準状態で形成される最も小さい4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源51に着目している。

【0115】第2実施形態の第2変形例では、一方の4極照明用回折光学素子により、4つの面光源の中心点を結んで形成される四角形がX方向に沿って細長い長方形になるような4極状の二次光源が形成される。一方の4極照明用回折光学素子を介して形成された4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源51a(図16の46aに対応)は、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の作用により、参照符号52aで示す矩形形状の範囲内で移動する。

【0116】また、他方の4極照明用回折光学素子により、4つの面光源の中心点を結んで形成される四角形がZ方向に沿って細長い長方形になるような4極状の二次光源が形成される。他方の4極照明用回折光学素子を介して形成された4極状の二次光源を構成する4つの円形状の面光源のうちの1つの面光源51b(図16の46bに対応)は、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の作用により、参照符号52bで示す矩

形状の範囲内で移動する。

【0117】さらに、一方の4極照明用回折光学素子と第2V溝アキシコン16との併用により、あるいは他方の4極照明用回折光学素子と第1V溝アキシコン15との併用により、初期的な面光源51aと51bとの中間的な位置に面光源51cが形成される。この場合、面光源51cに対してズームレンズ7の変倍機能を作用させることにより、面光源51cはその円形状を維持したまま拡大するとともに、その中心位置が光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動し、参照符合51dで示す位置に達する。

【0118】あるいは、図示を省略したが、面光源51cに対して円錐アキシコン14を作用させることにより、面光源51cはその円形状が拡大した楕円形状へ変化するとともに、その中心位置が光軸AXを中心とした円の径方向に沿って外方へ移動する。こうして、第2実施形態の第2変形例では、特性の異なる2種類の4極照明用回折光学素子を併用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置を自在に移動させることができる。また、一般的には、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用により、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを所望の状態に適宜変更することができる。

【0119】次に、4極照明用の回折光学素子11aに代えて輪帯照明用の回折光学素子11bを照明光路中に設定することによって得られる輪帯照明について簡単に説明する。この場合、回折光学素子11bに入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ12の瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ12から射出される。アフォーカルレンズ12を介した光束は、ズームレンズ7を介して、マイクロフライアイ8aの入射面に、光軸AXを中心とした輪帯状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイ8aの後側焦点面には、その入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした輪帯状の二次光源が形成される。

【0120】図20は、第2実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。第2実施形態の輪帯照明では、標準状態で形成された最も小さい輪帯状の二次光源60aが、円錐アキシコン14の間隔を零から所定の値まで拡大させることにより、その幅（外径と内径との差の1/2：図中矢印で示す）が変化することなく、その外径および内径がともに拡大された輪帯状の二次光源60bに変化する。換言すると、輪帯状の二次光源は、円錐アキシコン14の作用により、その幅が変化することなく、その輪帯比および大きさ（外径）がともに変化する。

【0121】図21は、第2実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。第2実施形態の輪帯照明では、標準状態で形成された輪帯状の二次光源60aが、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、その全体形状が相似的に拡大された輪帯状の二次光源60cに変化する。換言すると、輪帯状の二次光源は、ズームレンズ7の作用により、その輪帯比が変化することなく、その幅および大きさ（外径）がともに変化する。

【0122】図22は、第2実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する第1V溝アキシコンおよび第2V溝アキシコンの作用を説明する図である。上述したように、第1V溝アキシコン15の間隔の変化に伴って、所定面13への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図22(a)に示すように、輪帯状の二次光源60aを構成する4つの四半円弧状の各面光源61～64は、Z方向には移動しないがX方向に移動する。すなわち、第1V溝アキシコン15の間隔が零から所定の値に拡大すると、面光源61および63は-X方向に移動し、面光源62および64は+X方向に移動する。

【0123】一方、第2V溝アキシコン16の間隔の変化に伴って、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度は変化しないが、所定面13への入射光束のZ方向に沿った入射角度は変化する。その結果、図22(b)に示すように、各面光源61～64は、X方向には移動しないがZ方向に移動する。すなわち、第2V溝アキシコン16の間隔が零から所定の値に拡大すると、面光源61および62は+Z方向に移動し、面光源63および64は-Z方向に移動する。

【0124】さらに、第1V溝アキシコン15の間隔および第2V溝アキシコン16の間隔がともに変化すると、所定面13への入射光束のX方向に沿った入射角度およびZ方向に沿った入射角度はともに変化する。その結果、図22(c)に示すように、各面光源61～64は、Z方向およびX方向に移動する。すなわち、第1V溝アキシコン15の間隔および第2V溝アキシコン16の間隔が零から所定の値に拡大すると、面光源61は+Z方向および-X方向に移動し、面光源62は+Z方向および+X方向に移動し、面光源63は-Z方向および-X方向に移動し、面光源64は-Z方向および+X方向に移動する。こうして、4つの独立した円弧状の面光源からなる4極状の二次光源を形成することができる。

【0125】以上、第2実施形態の輪帯照明における円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用を個別に説明したが、これらの光学部材の相互作用により様々な形態の輪帯照明が可能である。具体的には、図22(c)

に示す状態において、ズームレンズ7を作用させると、たとえば面光源62は、光軸AXを中心とした円の径方向に沿って移動し、その全体形状が相似的に変化した面光源62aに変化する。一方、図22(c)に示す状態において、円錐アキシコン14を作用させると、たとえば面光源64は光軸AXを中心とした円の径方向に沿って移動し、その径方向の寸法は変化することなくその周方向の寸法だけが変化した面光源64aに変化する。

【0126】しかしながら、実際には、光学設計上の制約により、円錐アキシコン14による輪帯比の変更範囲には制限がある。そこで、第2実施形態では、輪帯照明用の回折光学素子11bとして、特性の異なる2種類の回折光学素子を備えている。すなわち、第2実施形態では、一方の輪帯照明用回折光学素子により、たとえば0.5~0.68の範囲で輪帯比を変更するのに適した形状を有する輪帯状の二次光源を形成する。また、他方の輪帯照明用回折光学素子により、たとえば0.68~0.8の範囲で輪帯比を変更するのに適した形状を有する輪帯状の二次光源を形成する。その結果、2種類の輪帯照明用回折光学素子の併用により、0.5~0.8の範囲で輪帯比を変更することが可能になる。

【0127】ところで、図23(a)を参照すると、図22(a)または(b)の右側で得られる2極状の二次光源に外接する円(図中破線で示す)の曲率と各半円弧状の面光源の外側円弧の曲率とが一致しないことがわかる。そこで、第2実施形態の第3変形例では、第1V溝アキシコン15または第2V溝アキシコン16の作用によって得られる2極状の二次光源に外接する円の曲率と半円弧状の各面光源の外側円弧の曲率とを一致させるために、第3の輪帯照明用回折光学素子を付設している。第3の輪帯照明用回折光学素子は、図23(b)に示すように、光軸AXを中心とした2つの円によって規定されるような完全な輪帯状の二次光源ではなく、X方向またはZ方向に沿ってわずかに扁平な楕円環状の二次光源を形成する。

【0128】さらに詳細には、第3の輪帯照明用回折光学素子により形成される楕円環状の二次光源は一對の円弧状の面光源65aと65bとから構成され、各面光源65aおよび65bの外側円弧の曲率は第1V溝アキシコン15または第2V溝アキシコン16の作用によって得られる2極状の二次光源に外接する円の曲率と一致するように設定されている。したがって、第2実施形態の第3変形例では、第1V溝アキシコン15または第2V溝アキシコン16の作用によって得られる2極状の二次光源において、この2極状の二次光源に外接する円の曲率と、円弧状の各面光源各面光源65aおよび65bの外側円弧の曲率とが一致する。

【0129】さらに、4極照明用の回折光学素子11aまたは輪帯照明用の回折光学素子11bに代えて円形照明用の回折光学素子11cを照明光路中に設定すること

によって得られる通常の円形照明について簡単に説明する。この場合、回折光学素子11cに入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ12の瞳面に円形状の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ12から射出される。

【0130】アフォーカルレンズ12を介した光束は、ズームレンズ7を介して、マイクロフライアイ8aの入射面に、光軸AXを中心とした円形状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイ8aの後側焦点面(すなわち照明光学系の瞳)には、その入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心とした円形状の二次光源が形成される。

【0131】第2実施形態の円形照明では、標準状態で形成された最も小さい円形状の二次光源が、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、その全体形状が相似的に拡大された円形状の二次光源に変化する。換言すると、第2実施形態の円形照明では、ズームレンズ7の焦点距離を変化させることにより、円形状の二次光源の大きさ(外径)を変更することができる。

【0132】図24は、第2実施形態の円形照明において形成される二次光源に対する第1V溝アキシコンおよび第2V溝アキシコンの作用を説明する図である。第2実施形態の円形照明では、第1V溝アキシコン15の間隔が零から所定の値に拡大すると、図24(a)に示すように、円形状の二次光源を構成する4つの四半円状の面光源66a~66dのうち、面光源66aおよび66cは-X方向に移動し、面光源66bおよび66dは+X方向に移動する。

【0133】一方、第2V溝アキシコン16の間隔が零から所定の値に拡大すると、図24(b)に示すように、面光源66aおよび66bは+Z方向に移動し、面光源66cおよび66dは-Z方向に移動する。さらに、第1V溝アキシコン15の間隔および第2V溝アキシコン16の間隔がともに零から所定の値に拡大すると、図24(c)に示すように、面光源66aは+Z方向および-X方向に移動し、面光源66bは+Z方向および+X方向に移動し、面光源66cは-Z方向および-X方向に移動し、面光源66dは-Z方向および+X方向に移動する。こうして、4つの独立した4半円状の面光源からなる4極状の二次光源を形成することができる。

【0134】以上、第2実施形態の円形照明における第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用を個別に説明したが、これらの光学部材の相互作用により様々な形態の円形照明が可能である。しかしながら、実際には、光学設計上の制約により、ズームレンズ7による外径の変倍範囲には制限がある。そこで、第2実施形態では、円形照明用の回折光学

素子11cとして、特性の異なる2種類の回折光学素子を備えている。

【0135】すなわち、第2実施形態では、一方の円形照明用回折光学素子により、比較的小さい σ 値すなわち小 σ から中間的な σ 値すなわち中 σ までの範囲で σ 値を変更するのに適した形状を有する円形状の二次光源を形成する。また、他方の円形照明用回折光学素子により、中 σ から比較的大きい σ 値すなわち大 σ までの範囲で σ 値を変更するのに適した形状を有する円形状の二次光源を形成する。その結果、2種類の円形照明用回折光学素子の併用により、小 σ から大 σ までの範囲（たとえば $0.1 \leq \sigma \leq 0.95$ ）で σ 値を変更することが可能になる。

【0136】以下、第2実施形態における照明条件の切り換え動作などについて具体的に説明する。まず、ステップ・アンド・リビート方式またはステップ・アンド・スキャン方式にしたがって順次露光すべき各種のマスクに関する情報などが、キーボードなどの入力手段20を介して制御系21に入力される。制御系21は、各種のマスクに関する最適な線幅（解像度）、焦点深度等の情報を内部のメモリー部に記憶しており、入力手段20からの入力に応答して駆動系24、26～28に適当な制御信号を供給する。

【0137】すなわち、最適な解像度および焦点深度のもとで4極照明する場合、駆動系26は制御系21からの指令に基づいて4極照明用の回折光学素子11aを照明光路中に位置決めする。そして、所望の形態を有する4極状の二次光源を得るために、駆動系28a～28cは制御系21からの指令に基づいてアキシコン14～16の間隔を設定し、駆動系24は制御系21からの指令に基づいてズームレンズ7の焦点距離を設定する。また、駆動系27は、制御系21からの指令に基づいて投影光学系PLの可変開口絞りを駆動する。

【0138】さらに、必要に応じて、駆動系28a～28cによりアキシコン14～16の間隔を変化させたり、駆動系24によりズームレンズ7の焦点距離を変化させたりすることにより、マイクロフライアイ8aの後側焦点面に形成される4極状の二次光源の形態を適宜変更することができる。こうして、4極状の二次光源の全体の大きさ（外径）および形状（輪帯比）、各面光源の位置、形状、大きさなどを適宜変化させて、多様な4極照明を行うことができる。

【0139】また、最適な解像度および焦点深度のもとで輪帯照明する場合、駆動系26は、制御系21からの指令に基づいて、輪帯照明用の回折光学素子11bを照明光路中に位置決めする。そして、所望の形態を有する輪帯状の二次光源を得るために、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる4極状の二次光源または2極状の二次光源を得るために、駆動系28a～28cは制御系21からの指令に基づいてアキシコン14～16の

間隔を設定し、駆動系24は制御系21からの指令に基づいてズームレンズ7の焦点距離を設定する。また、駆動系27は、制御系21からの指令に基づいて投影光学系PLの可変開口絞りを駆動する。

【0140】さらに、必要に応じて、駆動系28a～28cによりアキシコン14～16の間隔を変化させたり、駆動系24によりズームレンズ7の焦点距離を変化させたりすることにより、マイクロフライアイ8aの後側焦点面に形成される輪帯状の二次光源の形態、あるいは派生的に得られる4極状の二次光源または2極状の二次光源の形態を適宜変更することができる。こうして、輪帯状の二次光源の全体の大きさ（外径）および形状（輪帯比）、派生的に得られる各面光源の位置、形状、大きさなどを適宜変化させて、多様な輪帯照明を行うことができる。

【0141】さらに、最適な解像度および焦点深度のもとで通常の円形照明をする場合、駆動系26は、制御系21からの指令に基づいて、円形照明用の回折光学素子11cを照明光路中に位置決めする。そして、所望の形態を有する円形状の二次光源を得るために、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる4極状の二次光源または2極状の二次光源を得るために、駆動系28a～28cは制御系21からの指令に基づいてアキシコン14～16の間隔を設定し、駆動系24は制御系21からの指令に基づいてズームレンズ7の焦点距離を設定する。また、駆動系27は、制御系21からの指令に基づいて投影光学系PLの可変開口絞りを駆動する。

【0142】さらに、必要に応じて、駆動系28a～28cによりアキシコン14～16の間隔を変化させたり、駆動系24によりズームレンズ7の焦点距離を変化させたりすることにより、マイクロフライアイ8aの後側焦点面に形成される円形状の二次光源の形態、あるいは派生的に得られる4極状の二次光源または2極状の二次光源の形態を適宜変更することができる。こうして、円形状の二次光源の全体の大きさ（ひいては σ 値）、派生的に得られる各面光源の位置、形状、大きさなどを適宜変化させて、多様な円形照明を行うことができる。

【0143】なお、第2実施形態では、光源側から順に、円錐アキシコン14と、第1V溝アキシコン15と、第2V溝アキシコン16とを配置しているが、この配置順序を適宜変化させることもできる。また、各アキシコン14～16では、光源側から順に、凹状の屈折面を有する第1プリズム部材と凸状の屈折面を有する第2プリズムとを配置しているが、この配置順序を逆にすることもできる。

【0144】また、第2実施形態では、各アキシコン14～16がそれぞれ一対のプリズム部材から構成されているが、これに限定されことなく、たとえば円錐アキシコン14の第2プリズム部材14bと第1V溝アキシコン15の第1プリズム部材15aとを一体化したり、

第1 V溝アキシコン15の第2プリズム部材15bと第2 V溝アキシコン16の第1プリズム部材16aとを一体化したりすることもできる。この場合、円錐アキシコン14の第1プリズム部材14a、一体化された2つのプリズム、および第2 V溝アキシコン16の第2プリズム部材16bのうち少なくとも3つの部材を光軸AXに沿って移動させることにより、各アキシコン14~16の間隔をそれぞれ独立に変化させることができる。

【0145】図25は、本発明の第3実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図26は、第3実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された一対のV溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。第3実施形態は、第2実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第2実施形態ではアフォーカルレンズ12の光路中に円錐アキシコンと一対のV溝アキシコンとが配置されているのに対し、第3実施形態では一対のV溝アキシコンだけが配置されている点が第2実施形態と基本的に相違している。以下、第2実施形態との相違点に着目して、第3実施形態を説明する。

【0146】第3実施形態の4極照明では、円錐アキシコンが配置されていないので、4極状の二次光源を構成する各面光源の円形状を楕円形状に変化させることはできない。しかしながら、複数の4極照明用回折光学素子11aを選択的に用いるとともに、第1 V溝アキシコン15および第2 V溝アキシコン16の作用を利用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置を適宜変更することができる。また、ズームレンズ7の変倍作用を補助的に利用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置および大きさを適宜変更することができる。

【0147】一方、第3実施形態の輪帯照明では、円錐アキシコンが配置されていないので、輪帯状の二次光源の輪帯比を連続的に変化させることはできない。しかしながら、複数の輪帯照明用回折光学素子11bを選択的に用いるとともに、第1 V溝アキシコン15、第2 V溝アキシコン16およびズームレンズ7の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0148】ところで、円形照明では、円錐アキシコンの作用を積極的に利用することはない。したがって、第3実施形態の円形照明においても第2実施形態の場合と同様に、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0149】図27は、本発明の第4実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。図28は、第4実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された円錐アキシコンおよび第1 V溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。第4実施形態は、第2実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第2実施形態ではアフォーカルレンズ12の光路中に円錐アキシコンと一対のV溝アキシコンとが配置されているのに対し、第4実施形態では円錐アキシコンおよび第1 V溝アキシコンだけが配置されている点が第2実施形態と基本的に相違している。以下、第2実施形態との相違点に着目して、第4実施形態を説明する。なお、図27および図28では、一方のV溝アキシコンとして第1 V溝アキシコン15を示しているが、一方のV溝アキシコンは第2 V溝アキシコン16であってもよい。

【0150】第4実施形態の4極照明では、一方のV溝アキシコン（15または16）しか配置されていないので、4極状の二次光源を構成する円形状の各面光源の形状および大きさを維持したままその位置だけを二次元的に変化させることはできない。しかしながら、複数の4極照明用回折光学素子11aを選択的に用いるとともに、円錐アキシコン14、一方のV溝アキシコン（15または16）、およびズームレンズ7の作用を利用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0151】一方、第4実施形態の輪帯照明では、一方のV溝アキシコン（15または16）しか配置されていないので、輪帯状の二次光源から派生的に4極状の二次光源を得ることはできない。しかしながら、複数の輪帯照明用回折光学素子11bを選択的に用いるとともに、円錐アキシコン14、一方のV溝アキシコン（15または16）、およびズームレンズ7の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0152】さらに、第4実施形態の円形照明では、一方のV溝アキシコン（15または16）しか配置されていないので、円形状の二次光源から派生的に4極状の二次光源を得ることはできない。しかしながら、複数の円形照明用回折光学素子11cを選択的に用いるとともに、円錐アキシコン14、一方のV溝アキシコン（15または16）、およびズームレンズ7の作用を利用することにより、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0153】図29は、本発明の第5実施形態にかかる

照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第5実施形態は、第2実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、第5実施形態では、波面分割型のオプティカルインテグレータ（マイクロフライアイ8a）に代えて、内面反射型のオプティカルインテグレータ（ロッド型インテグレータ70）を用いている点が第2実施形態と基本的に相違している。以下、第2実施形態との相違点に着目して、第5実施形態を説明する。

【0154】第5実施形態では、マイクロフライアイ8aに代えてロッド型インテグレータ70を配置していることに対応して、回折光学素子11とロッド型インテグレータ70との間の光路中に、光源側から順に、ズームレンズ71、第2回折光学素子（またはマイクロフライアイ）72、およびインプットレンズ73を配置している。また、照明視野絞りとしてのマスクブラインド17は、ロッド型インテグレータ70の射出面の近傍に配置されている。

【0155】ここで、ズームレンズ71は、その前側焦点位置が回折光学素子11の位置とほぼ一致し且つその後側焦点位置が第2回折光学素子72の位置とほぼ一致するように配置されている。なお、ズームレンズ71の焦点距離の変化は、制御系21からの指令に基づいて動作する駆動系29により行われる。また、インプットレンズ73は、その前側焦点位置が第2回折光学素子72の位置とほぼ一致し且つその後側焦点位置がロッド型インテグレータ70の入射面の位置とほぼ一致するように配置されている。

【0156】ロッド型インテグレータ70は、石英ガラスや蛍石のような硝子材料からなる内面反射型のガラスロッドであり、内部と外部との境界面すなわち内面での全反射を利用して集光点を通りロッド入射面に平行な面に沿って内面反射数に応じた数の光源像を形成する。ここで、形成される光源像のほとんどは虚像であるが、中心（集光点）の光源像のみが実像となる。すなわち、ロッド型インテグレータ70に入射した光束は内面反射により角度方向に分割され、集光点を通りその入射面に平行な面に沿って多数の光源像からなる二次光源が形成される。

【0157】したがって、第5実施形態の4極照明（輪帯照明または円形照明）では、照明光路に選択的に設置された回折光学素子11a（11bまたは11c）を通過した光束が、ズームレンズ71を介して、第2回折光学素子72上に4極状（輪帯状または円形状）の照野を形成する。第2回折光学素子72を通過した光束は、インプットレンズ73を介して、ロッド型インテグレータ70の入射面の近傍に集光する。図30は、第5実施形態における第2回折光学素子の作用を説明する図である。

【0158】図30（a）に示すように、第2回折光学素子72が配置されていない場合、ズームレンズ71お

よびインプットレンズ73を介した光束が、ロッド型インテグレータ70の入射面70a上においてはほぼ一点に集光する。その結果、ロッド型インテグレータ70によりその入射側に形成される多数の光源が非常に散逸的になり（二次光源全体に対する各光源の充填率が小さくなり）、実質的な面光源を得ることができなくなってしまう。

【0159】そこで、第5実施形態では、光束発散素子としての第2回折光学素子72をインプットレンズ73の前側焦点位置の近傍に配置している。こうして、図30（b）に示すように、第2回折光学素子72を介して発散された光束が、インプットレンズ73を介して、ロッド型インテグレータ70の入射面70a上において所定の広がりをもって集光する。その結果、ロッド型インテグレータ70によりその入射側に形成される多数の光源が非常に密実になり（二次光源全体に対する各光源の充填率が大きくなり）、実質的な面光源としての二次光源を得ることができる。

【0160】ロッド型インテグレータ70によりその入射側に形成された4極状（輪帯状または円形状）の二次光源からの光束は、その射出面において重畳された後、マスクブラインド17および結像光学系18を介して、所定のパターンが形成されたマスクMを照明する。なお、第5実施形態では、ズームレンズ71の前側レンズ群71aと後側レンズ群71bとの間の光路中に、光源側から順に、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、および第2V溝アキシコン16が配置されている。

【0161】したがって、第5実施形態の4極照明においても第2実施形態と同様に、複数の4極照明用回折光学素子11aを選択的に用いるとともに、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン16、およびズームレンズ71の作用を利用することにより、光軸AXを中心とする円環状の領域において、輪帯状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0162】また、第5実施形態の輪帯照明においても第2実施形態と同様に、複数の輪帯照明用回折光学素子11bを選択的に用いるとともに、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン16、およびズームレンズ71の作用を利用することにより、輪帯状の二次光源の全体的な大きさおよび形状（輪帯比）、あるいは輪帯状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0163】さらに、第5実施形態の円形照明においても第2実施形態と同様に、複数の円形照明用回折光学素子11cを選択的に用いるとともに、円錐アキシコン14、第1V溝アキシコン15、第2V溝アキシコン1

10

20

30

40

50

6、およびズームレンズ71の作用を利用することにより、円形状の二次光源の全体的な大きさ、あるいは円形状の二次光源から派生的に得られる2極状の二次光源または4極状の二次光源を構成する各面光源の位置、形状および大きさを適宜変更することができる。

【0164】以上のように、第2実施形態～第5実施形態においても、V溝アキシコン15または16の間隔を変化させることにより、二次光源の全体の大きさおよび形状がX方向またはZ方向に変化する。その結果、マスクM上の直交する二方向(X方向およびY方向)で互いに異なる照明条件を実現することができ、ひいてはパターンに方向性があるマスクM上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができる。

【0165】なお、上述の第2実施形態～第5実施形態のうち、可変手段として一对のV溝アキシコン15および16だけを備えた第3実施形態は、メモリー(DRAMなど)のリソグラフィ工程に特に好適である。また、可変手段として円錐アキシコン14と一方のV溝アキシコン(15または16)とだけを備えた第4実施形態は、ロジックデバイス(MPUなど)のリソグラフィ工程に特に好適である。さらに、可変手段として円錐アキシコン14と一对のV溝アキシコン15および16とを備えた第2実施形態および第5実施形態は、半導体デバイスを含む一般的なマイクロデバイスのリソグラフィ工程に好適である。

【0166】ところで、以上の第5実施形態(図29を参照)では、アキシコン系(14、15、16)のマスク側に配置されたオブティカルインテグレータを内面反射型オブティカルインテグレータ(ロッド型オブティカルインテグレータ)70とした例を説明したが、前述したオブティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ8やマイクロフライアイ8aを内面反射型オブティカルインテグレータ(ロッド型オブティカルインテグレータ)70と置き換えることもできることは言うまでもない。

【0167】また、以上の第2実施形態、第3実施形態、および第5実施形態(図10、図25および図29を参照)では、第1V溝アキシコン15のV溝の方向をZ方向(0°方向)とし、第2V溝アキシコン16のV溝の方向をX方向(90°方向)とした例を示したが、本発明はこの配置に限定されるものではなく、例えば、第1V溝アキシコン15のV溝の方向を光軸中心に時計回りに45°回転した方向(45°方向)とし、第2V溝アキシコン16のV溝の方向を光軸中心に時計回りに45°回転した方向(135°方向)等に行うことができる。これにより、マイクロフライアイ8aに入射する溝の影が斜めとなり照度むらを低減できる効果が期待できる。さらには、第1V溝アキシコン15のV溝の方向と第2V溝アキシコン16のV溝の方向とのなす角(交差角)を望まれる照明条件に応じて任意に変更すること

ができる。以上の如く、2つのV溝アキシコンの溝の交差角を変更するには、制御系21は、入力手段20を介して入力された入力情報に基づいて駆動系28bと駆動系28cとの少なくとも一方を駆動させて、第1V溝アキシコン15と第2V溝アキシコン16とを光軸中心に相対的に回転させれば良い。

【0168】さらに、以上の第4実施形態(図27を参照)では、V溝アキシコン15のV溝の方向をZ方向(0°方向)とした例を示したが、本発明はこの配置に限定されるものではなく、例えば、V溝アキシコン15のV溝の方向を光軸中心に45°回転した方向(45°方向)、90°回転した方向(90°方向)、135°回転した方向(135°方向)等に行うことができる。すなわち、V溝アキシコン15のV溝の方向を望まれる照明条件に応じて任意に変更することができる。以上の如く、V溝アキシコンの溝の方向を変更するには、制御系21は、入力手段20を介して入力された入力情報に基づいて駆動系28bを駆動させて、V溝アキシコン15を光軸中心に所定の回転量だけ回転させれば良い。

【0169】また、以上の各実施形態では、回折光学素子(11a、11b、11c)と σ 値可変用のズームレンズ7(変倍光学系)との併用で σ 値の可変範囲を0.1から0.95($0.1 \leq \sigma \leq 0.95$)とすることが好ましいが、 σ 値可変用のズームレンズ7(変倍光学系)を構成するレンズ枚数やそのスペース等の制約が解消されれば、装置として要求される0.1~0.95の σ 値の範囲を連続的に可変とすることができる。

【0170】また、以上の第1実施形態～第5実施形態における輪帯照明において、照明光学系の瞳(投影光学系の瞳)に形成される輪帯光束は、0.4~0.95の σ 値の範囲($0.4 \leq \sigma \leq 0.95$)内で輪帯比を可変とすることが望ましい。さらに、以上の第1実施形態～第5実施形態における2極照明や4極照明を始めとした多極照明において、照明光学系の瞳(投影光学系の瞳)に形成される多極状光束は、0.4~0.95の σ 値の範囲($0.4 \leq \sigma \leq 0.95$)内で位置や大きさを可変とすることが望ましい。

【0171】さらに、また、以上の第1実施形態～第5実施形態において、投影光学系PLに残存する収差または経時的に変化する収差(波面収差等)を計測するために、例えば、米国特許第5,828,455号や米国特許第5,978,085号等に開示されている収差計測用マスク(収差計測用レチクル)をマスク(レチクル)Mを保持する不図示のマスクステージMSに載置し、その収差計測用マスクに対して適切な照明をすることによって、投影光学系PLの収差(波面収差等)を高精度に計測することが可能である。ここで、投影光学系PLの収差(波面収差等)を高精度に計測し得る照明条件をさまざまな角度から研究を進めてきた結果、照明光学系の σ 値を0.01 $\leq \sigma \leq 0.3$ の範囲の何れかに設定する

ことが好ましいことが判明した。さらに、投影光学系 PL の収差（波面収差等）をより一層、高精度に計測するには、照明光学系の σ 値を $0.02 \leq \sigma \leq 0.2$ の範囲の何れかに設定することがより一層好ましい。このように、照明光学系の σ 値を $0.01 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲または $0.02 \leq \sigma \leq 0.2$ の範囲に照明条件を設定するには、以上の各実施形態における照明条件設定手段（4a, 4b, 5, 7, 10, 11a~11c, 12, 14~16, 71, 71a）の一部を構成する回折光学素子（11a, 11b, 11c）の代わりに、極小 σ 値を設定する計測用の回折光学素子を設定すれば良い。なお、以上の第 1 実施形態～第 5 実施形態の投影光学系 PL に収差が発生している場合には、計測された収差情報を入力手段 20 に入力し、制御系 21 は、例えば、入力手段 20 を介して入力された収差情報に基づいて不図示の駆動系を介して、投影光学系 PL を構成する少なくとも 1 つの光学素子（レンズやミラー等）を移動（投影光学系 PL の光軸方向の移動、光軸と直交する方向の移動、光軸に対して傾斜、光軸回りに回転）させることにより、投影光学系 PL の収差を始めとした光学特性の悪化を補正することができる。

【0172】また、以上の第 1 実施形態～第 5 実施形態に示した装置を走査型露光装置とした場合には、照明光学系はマスク M 上にスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形状）の照明領域（図 1、図 10、図 25、図 27 および図 29 の紙面方向又は走査方向に短手方向を有する照明領域）を、ウェハ W 上にスリット状の露光領域を形成し、不図示のマスキングステージ MS に保持されたマスクと、不図示のウェハステージ（基板ステージ）WS に保持されたウェハ（基板）とを走査方向（図 1、図 10、図 25、図 27 および図 29 の紙面方向）に沿って反対向きへ移動させることにより、マスク M のパターン像が投影光学系 PL を介してウェハ W 上に形成される。この場合、不図示のマスキングステージ MS 及び不図示のウェハステージ（基板ステージ）WS は、不図示の各ステージを駆動させる駆動装置を介して制御系 21 によって制御される。

【0173】以上の各実施形態に示した装置において、オブティカルインテグレートとしてのフライアイレンズ（アレイ状光学素子）8 やマイクロフライアイ（マイクロアレイ状光学素子）8a を構成する多数の光学素子（レンズ素子）の個々の断面形状は、マスク M 上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形状）の照明領域、およびウェハ W 上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形状）の露光領域と相似とすることが好ましい。

【0174】また、以上の各実施形態に示した如く、オブティカルインテグレートとしてのフライアイレンズ（アレイ状光学素子）8 やマイクロフライアイ（マイクロアレイ状光学素子）8a を内面反射型オブティカルイ

ンテグレート（ロッド型オブティカルインテグレート）に置き換えた走査型露光装置の場合、および第 5 実施形態の如くオブティカルインテグレートを入面反射型オブティカルインテグレート（ロッド型オブティカルインテグレート）とした走査型露光装置の場合、内面反射型オブティカルインテグレート（ロッド型オブティカルインテグレート）の断面形状は、マスク M 上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形状）の照明領域、およびウェハ W 上に形成されるスリット状（短手方向と長手方向とを有する長方形状）の露光領域と相似とすることが好ましい。

【0175】なお、以上の各実施形態に示した装置を走査型露光装置とした場合、投影光学系 PL の大型化及び複雑化を招くことなく効率良く広い視野を保ちながら、高いスループットのもとでの走査露光を達成するためには、マスク M 上に形成されるスリット状の照明領域（またはウェハ W 上に形成されるスリット状の露光領域）における短手方向の長さを L_s とし、その照明領域の長手方向の長さを L_l とするとき、 $0.05 < L_s / L_l < 0.7$ の関係を満たすことが好ましい。以上の各実施形態に示した走査型露光装置では、例えば、 $L_s / L_l = 1/3$ としている。

【0176】上述の各実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の各実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図 8 のフローチャートを参照して説明する。

【0177】まず、図 8 のステップ 301 において、1 ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ 302 において、その 1 ロットのウェハ上の金属膜上にフォトリソグが塗布される。その後、ステップ 303 において、上述の各実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その 1 ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ 304 において、その 1 ロットのウェハ上のフォトリソグの現像が行われた後、ステップ 305 において、その 1 ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことにより、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことにより、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ること

ができる。

【0178】また、上述の各実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図9のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図9において、パターン形成工程401では、上述の各実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レチクル剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

【0179】次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

【0180】その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスルーブット良く得ることができる。

【0181】なお、上述の各実施形態では、変形照明において4極状や輪帯状の二次光源を例示的に形成しているが、光軸に対して偏心した2つの面光源からなる2極状の二次光源や、光軸に対して偏心した8つの面光源からなる8極状の二次光源のような、いわゆる複数極状あるいは多極状の二次光源を形成することもできる。

【0182】また、上述の各実施形態では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

【0183】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の照明光学装置では、オプティカルインテグレートへの入射光束の所定方向に沿った入射角度を変化させるために、入射光束の縦横比を変更する縦横比変更素子を備えている。したがって、この縦横比変更素子の作用により、二次光源の全体の大きさを所定方向に沿って変化させることができ、ひいては被照射面上の直交する二方向で互いに異なる照明条件を実現することができる。

【0184】したがって、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、パターンに方向性があるマスク上の直交する二方向で最適な照明条件を設定することができ、良好な照明条件のもとで良好なマイクロデバイスを製造することができる。さらに、また、本発明は、適切な照明条件のもとでマスクのパターンを正確に転写することができ、同時に、マスクのパターンを正確に転写するのに際して、投影光学系の光学性能を高精度で確認し得る露光装置や露光方法等を実現でき、さらには良好なるマイクロデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】フライアイレンズの後側焦点面に形成される4極状の二次光源の構成を概略的に示す図である。

【図3】アフォーカルズームレンズの光路中に配置されたV溝アキシコンを構成する一対のプリズムの構成を概略的に示す図である。

【図4】V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が4極状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。

【図5】V溝アキシコンの間隔の変化、アフォーカルズームレンズの倍率の変化、およびズームレンズの焦点距離の変化が輪帯状の二次光源に及ぼす影響を模式的に説明する図である。

【図6】V溝アキシコンの屈折面形状に関する変形例を示す図である。

【図7】V溝アキシコンの回転および組み合わせに関する変形例を示す図である。

【図8】マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図9】マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

【図10】本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図11】第2実施形態においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された3つのアキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。

【図12】第2実施形態の4極照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図で

ある。

【図 13】第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。

【図 14】第 2 実施形態の 4 極照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 15】第 2 実施形態の 4 極照明において形成される円形状の各面光源に対する円錐アキシコン、ズームレンズ、第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 16】第 2 実施形態において特性の異なる 3 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源およびその移動範囲について説明する図である。

【図 17】第 2 実施形態の第 1 変形例において特性の異なる 4 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。

【図 18】第 2 実施形態の第 1 変形例において特性の異なる 4 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。

【図 19】第 2 実施形態の第 2 変形例において特性の異なる 2 種類の 4 極照明用回折光学素子を介して形成される各面光源並びにその移動および変形について説明する図である。

【図 20】第 2 実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコンの作用を説明する図である。

【図 21】第 2 実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。

【図 22】第 2 実施形態の輪帯照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

【図 23】第 2 実施形態の第 3 変形例を説明する図である。

【図 24】第 2 実施形態の円形照明において形成される二次光源に対する第 1 V 溝アキシコンおよび第 2 V 溝アキシコンの作用を説明する図である。

10

20

30

40

【図 25】本発明の第 3 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 26】第 3 実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された一対の V 溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。

【図 27】本発明の第 4 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 28】第 4 実施形態においてアフォーカルレンズの光路中に配置された円錐アキシコンおよび第 1 V 溝アキシコンの構成を概略的に示す斜視図である。

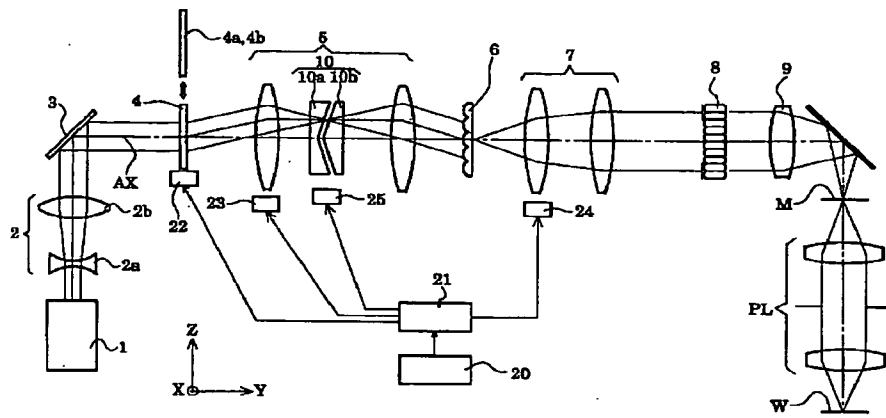
【図 29】本発明の第 5 実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 30】第 5 実施形態における第 2 回折光学素子の作用を説明する図である。

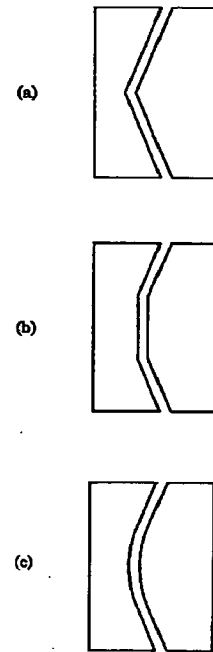
【符号の説明】

- 1 光源
- 4 回折光学素子
- 5 アフォーカルズームレンズ
- 6 マイクロフライアイ
- 7 ズームレンズ
- 8 フライアイレンズ
- 8a マイクロフライアイ
- 9 コンデンサー光学系
- 10 V 溝アキシコン
- 11, 72 回折光学素子
- 12 アフォーカルレンズ
- 14 円錐アキシコン
- 15, 16 V 溝アキシコン
- 17 マスクブラインド
- 18 結像光学系
- 70 ロッド型インテグレータ
- 71 ズームレンズ
- 73 インブットレンズ
- M マスク
- PL 投影光学系
- W ウェハ
- 20 入力手段
- 21 制御系
- 22~29 駆動系

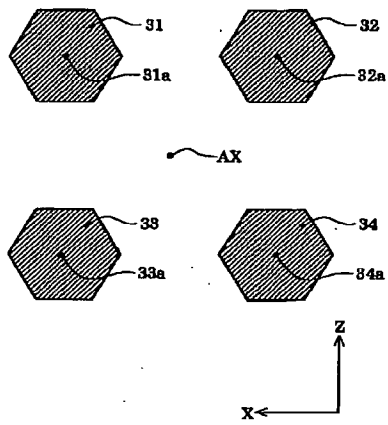
【図1】



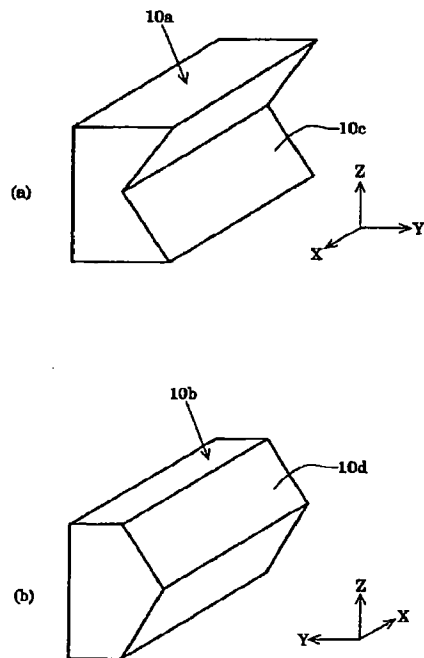
【図6】



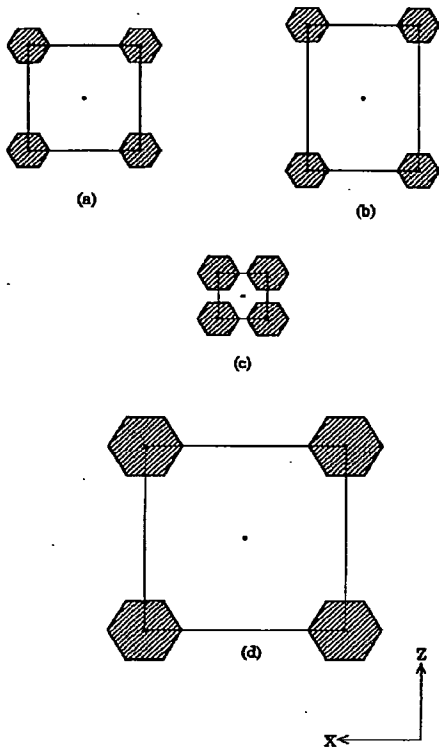
【図2】



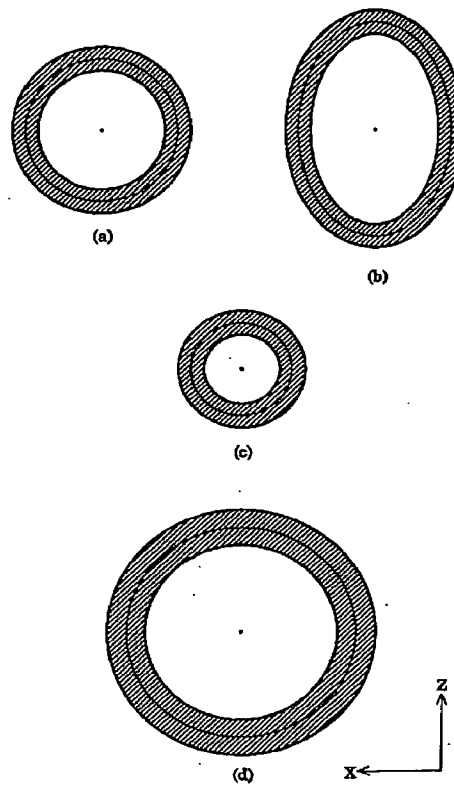
【図3】



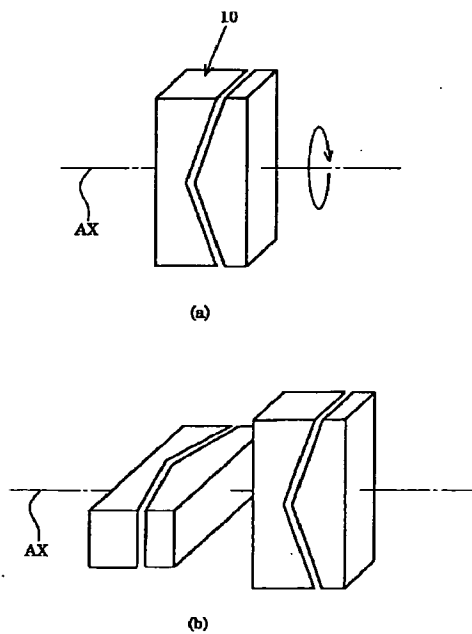
【図4】



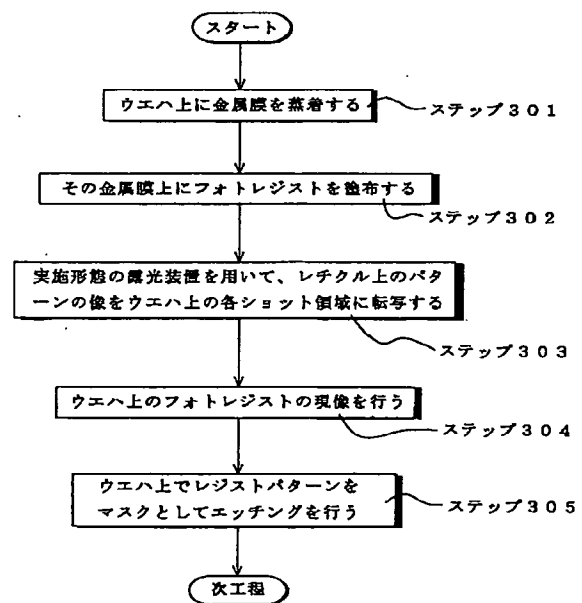
【図5】



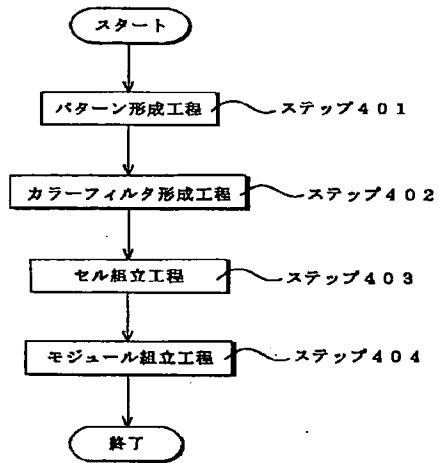
【図7】



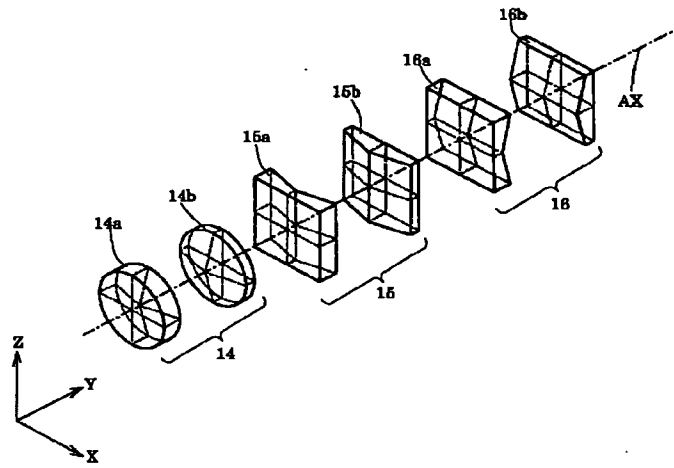
【図8】



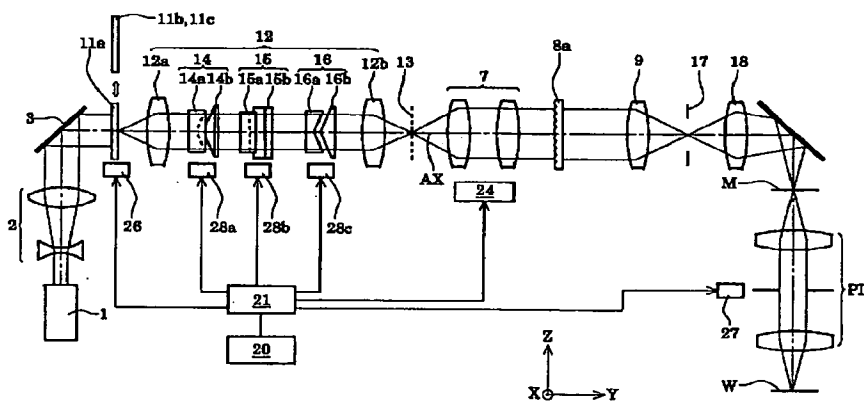
【図9】



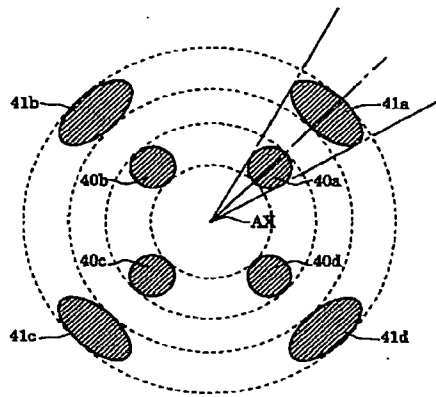
【図11】



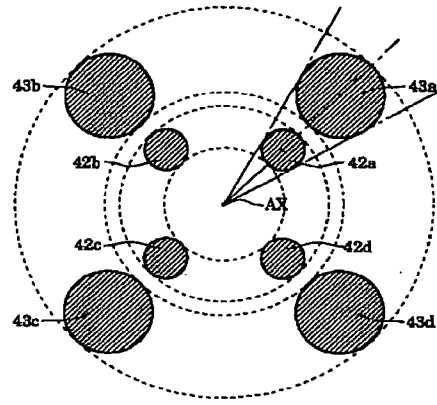
【図10】



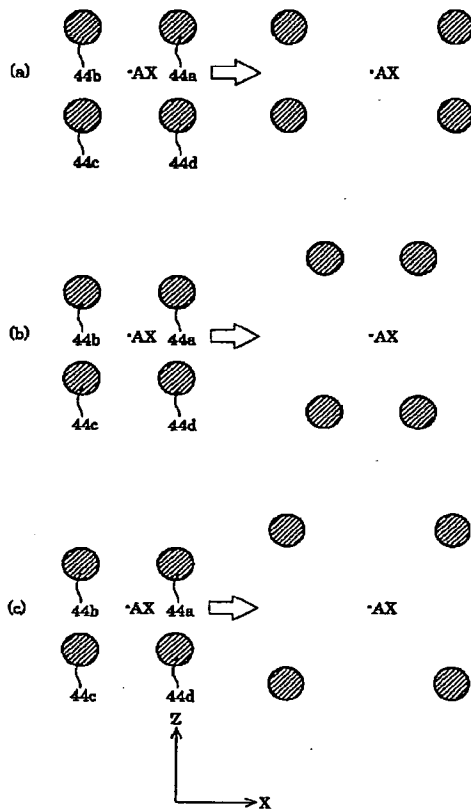
【図12】



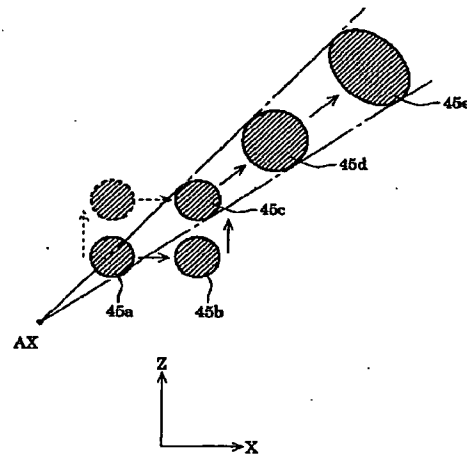
【図13】



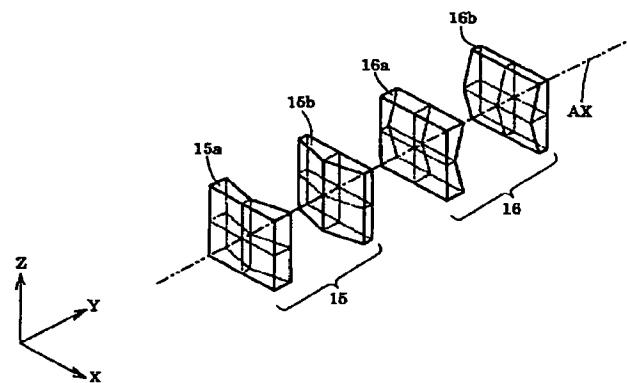
【図14】



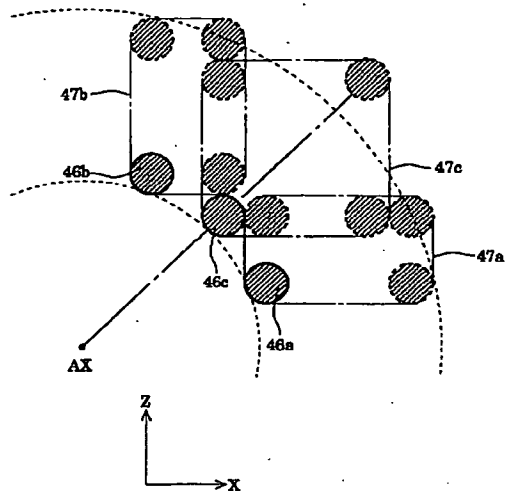
【図15】



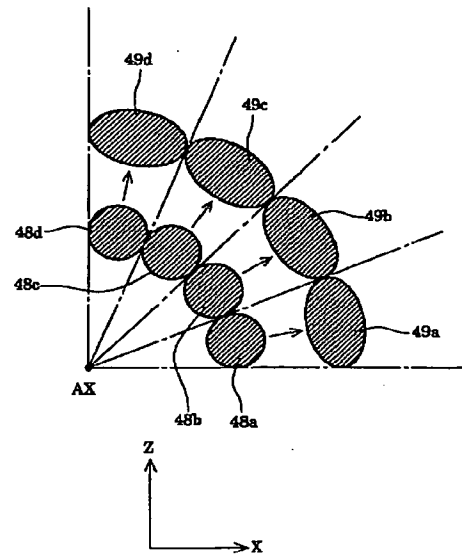
【図26】



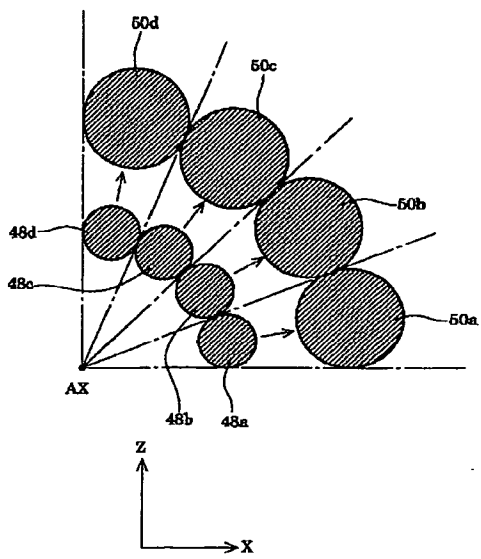
【図16】



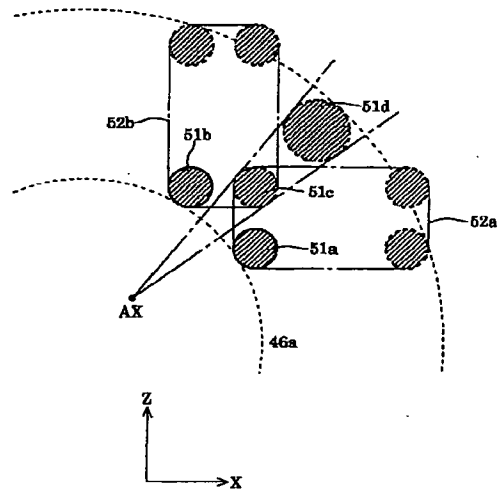
【図17】



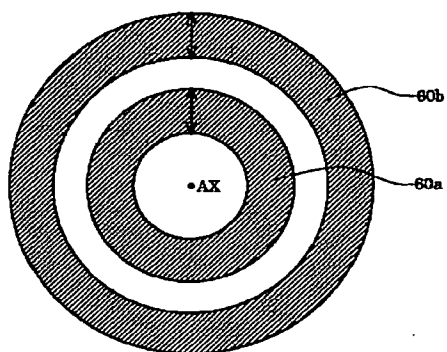
【図18】



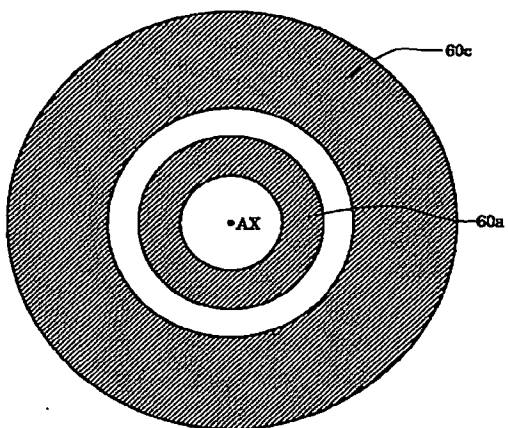
【図19】



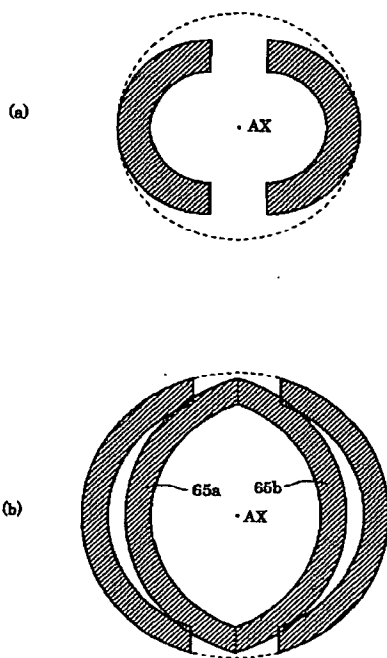
【図20】



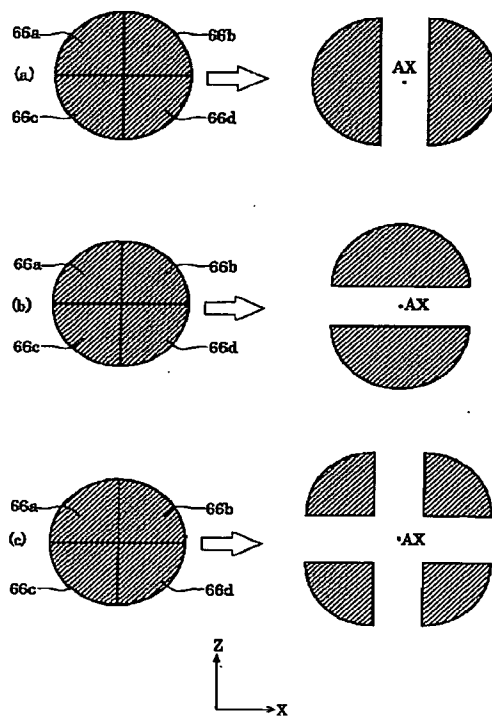
【図21】



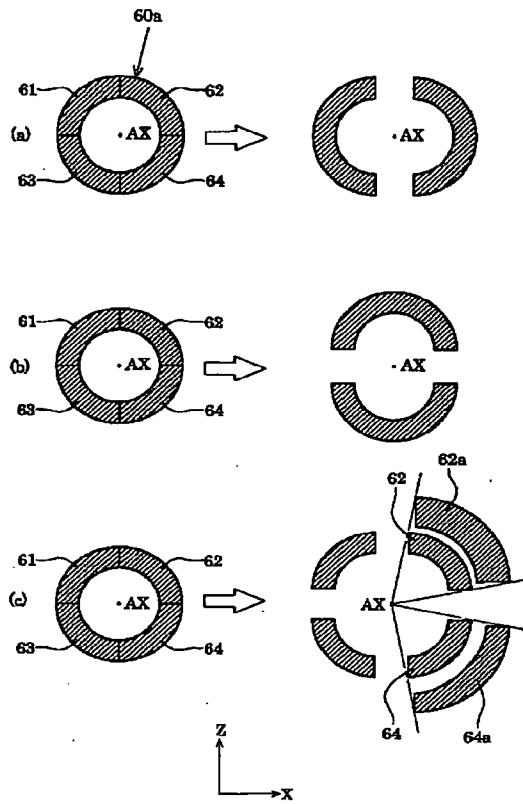
【図23】



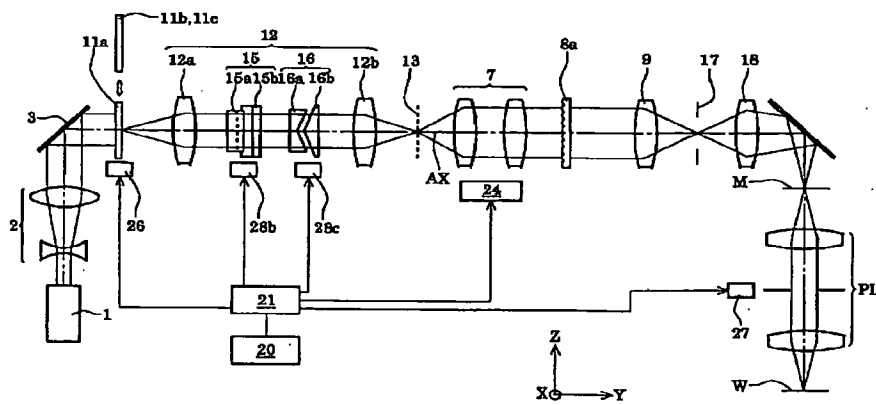
【図24】



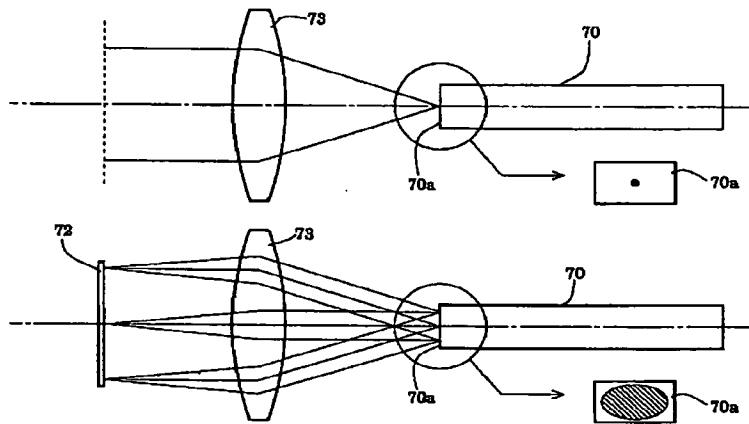
【図 22】



【図 25】



【図30】



フロントページの続き

(72)発明者 豊田 光紀
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H042 CA00 CA17
2H052 BA02 BA03 BA09 BA12
5F046 BA04 BA05 CB10 CB12 CB13
CB23 DA01